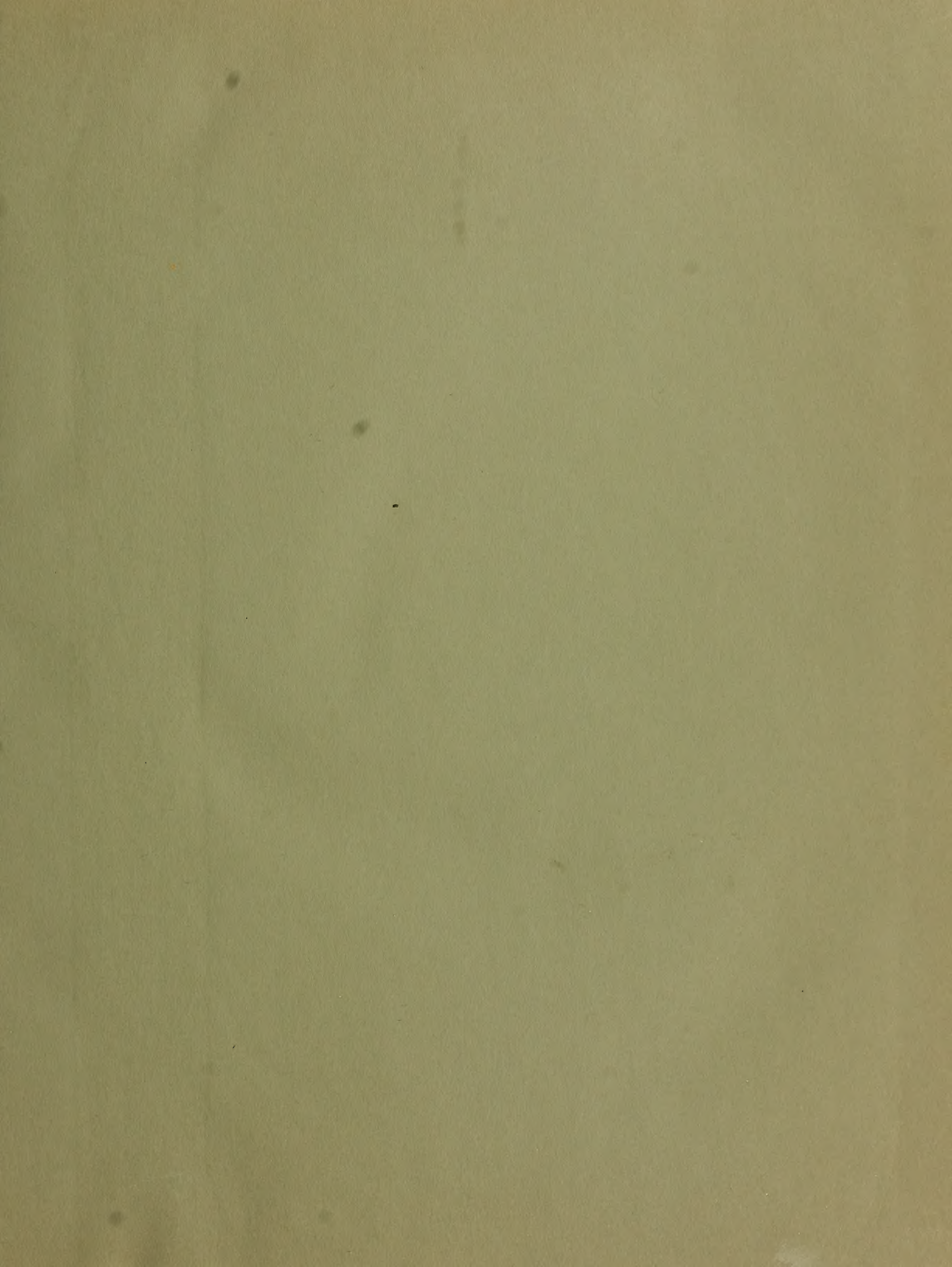
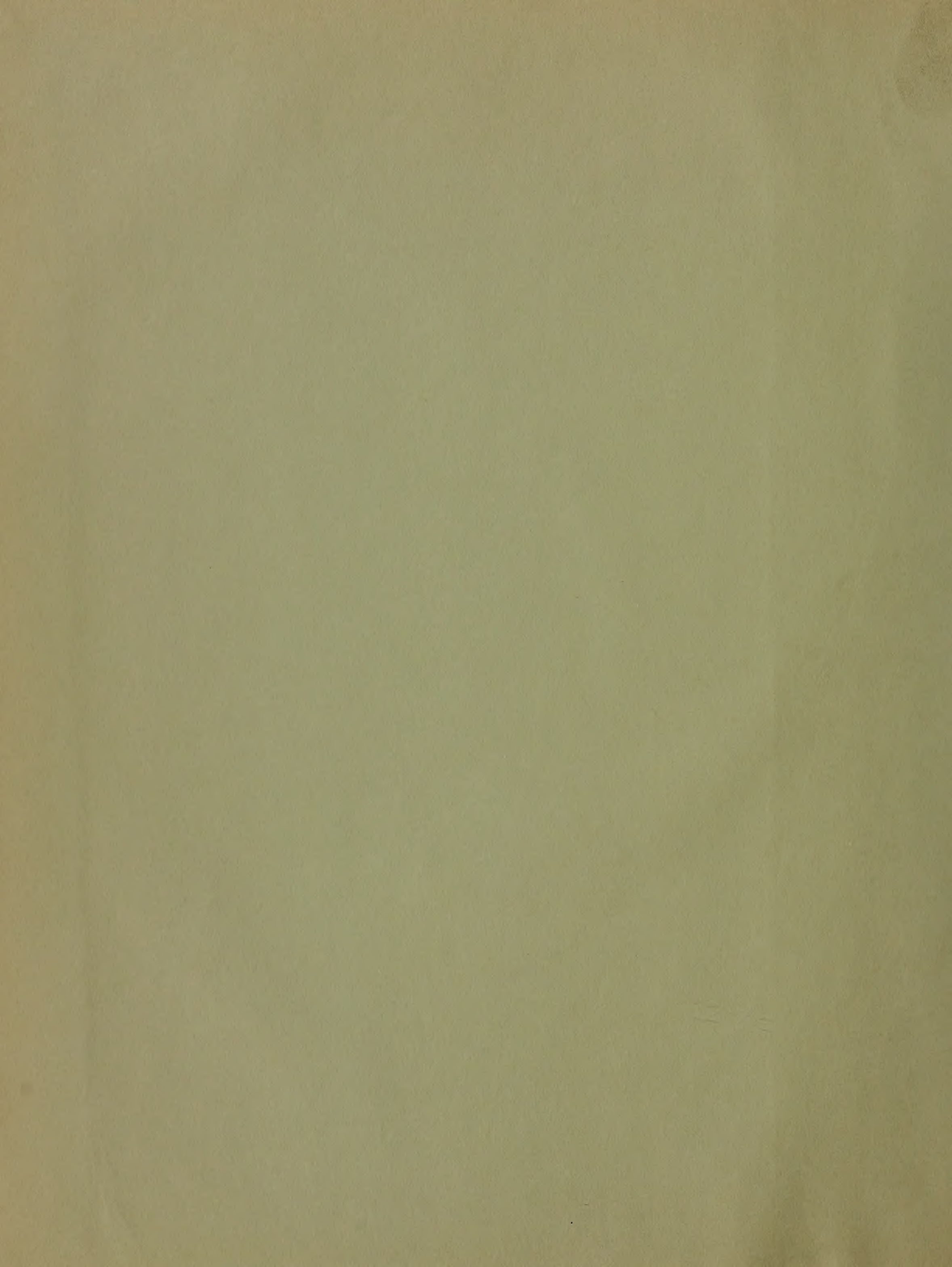








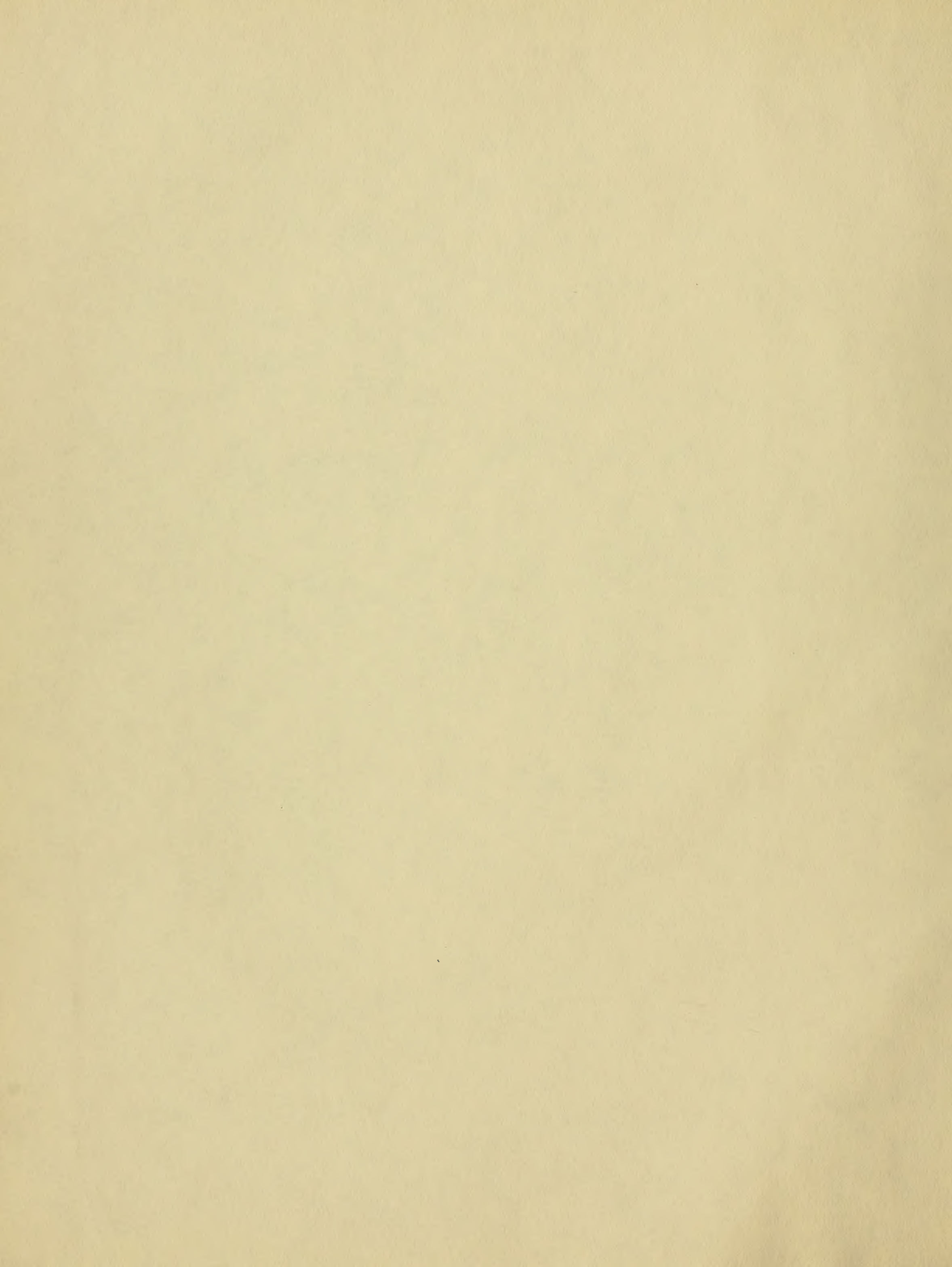
ABHANDLUNGEN

HERAUSGEGEBEN [illegible]

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
ZU BERLIN

[illegible]

In den Jahren 1874 und [illegible] sind keine „Physikalischen Abhandlungen", in den Jahren 1853, [illegible], 1862, 1867, [illegible], [illegible], [illegible], 1881, 1884–[illegible], [illegible], [illegible], [illegible] und [illegible] keine „Mathematischen Abhandlungen" erschienen.



ABHANDLUNGEN

DER

KÖNIGLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

1898.

In den Jahren 1874 und 1880 sind keine „Physikalischen Abhandlungen", in den Jahren 1852, 1853, 1862, 1864, 1870, 1872, 1879, 1881, 1884–86, 1889–91, 1895, 1896 und 1898 keine „Mathematischen Abhandlungen" erschienen.

ABHANDLUNGEN

DER

KÖNIGLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

AUS DEM JAHRE
1898.

MIT 6 TAFELN.

BERLIN.
VERLAG DER KÖNIGLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

1898.
IN COMMISSION BEI GEORG REIMER.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

Inhalt.

Abhandlungen.

Physikalisch-mathematische Classe.

Physikalische Abhandlungen.

Philosophisch-historische Classe.

Anhang.

Abhandlungen nicht zur Akademie gehöriger Gelehrter.

Physikalische Abhandlungen.

Jahr 1898.

Öffentliche Sitzungen.

Sitzung am 27. Januar zum Gedächtnifs Friedrich's II. und zur Feier des Geburtstages Seiner Majestät des Kaisers und Königs.

Der an diesem Tage vorsitzende Secretar Hr. Diels eröffnete die Sitzung mit dem Glückwunsch der Akademie zum Geburtsfest Seiner Majestät des regierenden Kaisers und Königs und behandelte dann eingehend das Verhältnifs Friedrich's des Grofsen zu Maupertuis an der Hand ihres Briefwechsels, der sich in dem Besitz des Königlichen Geheimen Staatsarchivs befindet und seitdem von Hrn. Koser veröffentlicht worden ist.

Darauf wurden die Jahresberichte erstattet: über die »Sammlung der griechischen Inschriften« — über die »Sammlung der lateinischen Inschriften« — über die »Aristoteles-Commentare« — über die »Prosopographie der römischen Kaiserzeit« — über die »Politische Correspondenz Friedrich's des Grofsen« — über die »Ausgabe der Werke Dirichlet's« — über das »Griechische Münzwerk« — über die »Acta Borussica« — über das »Historische Institut in Rom« — über den »Thesaurus linguae latinae« — über die »Kant-Ausgabe« — über das »Wörterbuch der aegyptischen Sprache« — über die »Humboldt«-, »Savigny«-, »Bopp«-, »Eduard Gerhard«- und »Hermann und Elise geb. Heckmann Wentzel«-

Stiftungen. In dem Bericht über die zuletzt genannte Stiftung waren zugleich die Berichte über das »Wörterbuch der deutschen Rechtssprache« und über die »Ausgabe der griechischen Kirchenväter« enthalten.

Zum Schlufs berichtete der Vorsitzende über die seit dem letzten Friedrichs-Tage im Januar 1897 in dem Personalstande der Akademie eingetretenen Veränderungen.

Sitzung am 30. Juni zur Feier des Leibniz'schen Jahrestages.

Hr. Waldeyer, als vorsitzender Secretar, eröffnete die Sitzung mit einer Ansprache, deren Gegenstand die bei der Akademie errichteten Stiftungen und die von ihr unterstützten gröfseren wissenschaftlichen Unternehmungen bildeten.

Darauf hielten die neu eingetretenen Mitglieder ihre Antrittsreden, zuerst das Mitglied der physikalisch-mathematischen Classe Hr. Engelmann, dann das Mitglied der philosophisch-historischen Classe Hr. Kekule von Stradonitz. Ersterem antwortete Hr. Waldeyer als Secretar der physikalisch-mathematischen, letzterem Hr. Diels als solcher der philosophisch-historischen Classe.

Ferner wurden Gedächtnifsreden auf zwei der in den letzten Jahren verstorbenen Mitglieder der Akademie gehalten, von Hrn. Engelmann auf Emil du Bois-Reymond, von Hrn. Dümmler auf Wilhelm Wattenbach.

Schliefslich verkündete der Vorsitzende die Ergebnisse der letzten Ausschreibung des akademischen Preises von 1894, der für 1902 erneuert wird, des Preises des Eller'schen Legates von 1892, der für 1903 erneuert wird, den neuen akademischen Preis für 1901 und einen Beschlufs der philosophisch-historischen Classe betreffend die Eduard Gerhard-Stiftung.

Verzeichnifs der im Jahre 1898 gelesenen Abhandlungen.

Physik und Chemie.

Kohlrausch, über die Beweglichkeit der Ionen in verdünnter wässriger Lösung. (Cl. 13. Jan.)

Warburg, über die Entstehung der Spitzenentladung. (G.S. 20. Jan.; *S.B.* 24. März.)

Krüger, Dr. M., und Salomon, Dr. G., die Alloxurbasen des Harns. Vorgelegt von Fischer. (G.S. 20. Jan.; *S.B.*)

van't Hoff, über die Spaltung von ammonischen Verbindungen, insbesondere Ammoniumbimalat. (Cl. 3. Febr.)

Holborn, Prof. L., über die Vertheilung des inducirten Magnetismus in Cylindern. Vorgelegt von Kohlrausch. (Cl. 3. Febr.; *S.B.* 17. Febr.)

Vogel, einige Bemerkungen über den Kirchhoff'schen Spectralapparat. (Cl. 17. Febr.; *S.B.*)

Boltzmann, über vermeintlich irreversibele Strahlungsvorgänge. Dritte Mittheilung. (Cl. 3. März; *S.B.*)

Hittorf, über das elektromotorische Verhalten des Chroms. (G.S. 10. März; *S.B.*)

Landolt, über die Vorgänge bei einigen langsam verlaufenden chemischen Reactionen. (G.S. 24. März.)

van't Hoff und Dr. A. P. Saunders, Untersuchungen über die Bildungsverhältnisse der oceanischen Salzablagerungen, insbesondere des Stafsfurter Salzlagers. VII. (Cl. 16. Juni; *S.B.*)

Planck, über irreversibele Strahlungsvorgänge. Vierte Mittheilung. (Cl. 7. Juli; *S.B.*)

van't Hoff und Dr. T. Estreicher-Rozbierski, Untersuchungen über die Bildungsverhältnisse der oceanischen Salzablagerun-

Mineralogie, Geologie und Palaeontologie.

Cohen, Prof. E., über das Meteoreisen von Cincinnati, Vereinigte Staaten. Vorgelegt von Klein. (G.S. 23. Juni; *S. B.*)

Klein, über Buntkupfererz aus Tyrol. (G.S. 14. Juli; *S. B.*)

Dames, über ein Exemplar von *Stereosternum* (*Mesosaurus*) *tumidum* Cope von Villarica in Paraguay. (Cl. 20. Oct.)

Cohen, Prof. E., über ein neues Meteoreisen von San Cristobal, Antofagasta, Chile. Vorgelegt von Klein. (Cl. 20. Oct.; *S. B.*)

Klein, die optischen Anomalien des Granats und neuere Versuche sie zu erklären. (Cl. 3. Nov.; *S. B.*)

Schellwien, Dr. E., Bericht über die Ergebnisse einer Reise in die Karnischen Alpen und die Karawanken. Vorgelegt von Dames. (Cl. 3. Nov.; *S. B.*)

Rosenbusch, zur Deutung der Glaukophangesteine. (G.S. 10. Nov.; *S. B.*)

Botanik und Zoologie.

Dahl, Prof. F., die Verbreitung der Thiere auf hoher See. II. Vorgelegt von Möbius. (Cl. 13. Jan.; *S. B.* 3. Febr.)

Schwendener, über die Formveränderung eines cylindrischen Organs in Folge ungleicher Längenzunahme dreier, ursprünglich longitudinal gestellter Zonen. (Cl. 3. März; *S. B.*)

Schwendener, die Gelenkpolster von *Phaseolus* und *Oxalis*. (Cl. 3. März; *S. B.*)

Plate, Prof. L., über primitive Organisationsverhältnisse, Viviparie und Brutpflege bei Chitonen. Vorgelegt von Schulze. (G.S. 10. März; *S. B.*)

Schulze, über americanische Hexaktinelliden. (G.S. 14. April.)

Johow, Dr. F., über Ornithophilie in der chilenischen Flora. Vorgelegt von Schwendener. (Cl. 26. Mai; *S. B.*)

Möbius, über den Umfang und die Einrichtung des zoologischen Museums zu Berlin. (G.S. 9. Juni; *S. B.*)

Engler, über africanische Moraceen. (Cl. 16. Juni.)

Engler, über die africanischen *Melastomataceae*. (Cl. 16. Juni.)

Lühe, Dr. M., Beiträge zur Helminthenfauna der Berberei. Vorgelegt von Möbius. (Cl. 20. Oct.; *S. B.*)

Schumann, Prof. K., die Verbreitung der *Cactaceae* im Verhältniſs zu ihrer systematischen Gliederung. Vorgelegt von Engler. (Cl. 15. Dec.; *Abh.* 1899.)

Anatomie und Physiologie.

Waldeyer, Beiträge zur Anatomie der männlichen Harnröhre. (Cl. 31. März; *S. B.* 1899.)

Heymons, Dr. R., zur Entwickelungsgeschichte der Chilopoden. Vorgelegt von Schulze. (Cl. 31. März; *S. B.*)

Munk, über die Ausdehnung der Sinnessphären an der Groſshirnrinde. (Cl. 21. April.)

Will, Prof. L., über die Verhältnisse des Urdarms und des Canalis neurentericus bei der Ringelnatter (*Tropidonotus natrix*). Vorgelegt von Schulze. (Cl. 20. Oct.; *S. B.*)

Schauinsland, Prof. H., zur Entwickelung von *Hatteria*. Vorgelegt von O. Hertwig. (Cl. 20. Oct.; *S. B.*)

Hertwig, O., über die Veränderungen unbefruchteter Eier von *Ascaris megalocephala*. (Cl. 3. Nov.; *S. B.*)

Schauinsland, Prof. H., Beiträge zur Biologie der *Hatteria*. Vorgelegt von O. Hertwig. (Cl. 3. Nov.; *S. B.*)

Klaatsch, Prof. H., die Intercellularstructuren an der Keimblase des *Amphioxus*. Vorgelegt von Waldeyer. (G.S. 10. Nov.; *S. B.* 8. Dec.)

Schaudinn, Dr. F., Untersuchungen über den Generationswechsel von *Trichosphaerium sieboldi* Schn. Vorgelegt von Schulze. (Cl. 1. Dec.; *Abh.* 1899.)

Anthropologie.

Virchow, über die ethnologische Stellung der praehistorischen und protohistorischen Aegypter. (G.S. 24. Febr.; *Abh.*)

Astronomie und Geophysik.

v. Bezold, über die klimatologische Bedeutung der Lehre von den auf- und absteigenden Luftströmen (V. Mittheilung zur Thermodynamik der Atmosphaere). (Cl. 5. Mai.)

Lüdeling, Dr. G., über die tägliche Variation des Erdmagnetismus an Polarstationen. Vorgelegt von v. Bezold. (G.S. 14. Juli; *S.B.*)

Vogel, über das Spectrum von α Aquilae und über die Bewegung des Sterns im Visionsradius. (Cl. 17. Nov.; *S.B.*)

Hartmann, Dr. J., über die Scale des Kirchhoff'schen Sonnenspectrums. Vorgelegt von Vogel. (Cl. 17. Nov.; *S.B.*)

Auwers, über neue Versuche zur Bestimmung der Bahn des Procyon. (G.S. 22. Dec.)

Mathematik.

Koenigsberger, über die erweiterte Laplace'sche Differentialgleichung für die allgemeine Potentialfunction. (Cl. 13. Jan.; *S.B.*)

Koenigsberger, über die erweiterte Laplace-Poisson'sche Potentialgleichung. (Cl. 3. Febr.; *S.B.*)

Schwarz, die Grundgedanken eines von ihm aufgefundenen Beweises für einen Weierstraſs'schen Lehrsatz. (Cl. 17. Febr.)

Koenigsberger, über das erweiterte Princip der Erhaltung der Flächen und dessen Anwendung auf kinetische Potentiale erster Ordnung. (Cl. 17. Febr.; *S.B.*)

Fuchs, zur Theorie der simultanen linearen partiellen Differentialgleichungen. (Cl. 17. März; *S. B.*)

Gundelfinger, Prof. S., über die Entdeckung der doppelten Periodicität und Jacobi's Antheil daran. Vorgelegt von Fuchs. (Cl. 26. Mai; *S. B.*)

Schlesinger, Prof. L., über die Gaufs'sche Theorie des arithmetisch-geometrischen Mittels und ihre Beziehungen zur Theorie der elliptischen Modulfunction. Vorgelegt von Fuchs. (Cl. 26. Mai; *S. B.*)

Gerhardt, über die vier Briefe von Leibniz, die Samuel König in dem Appel au public, Leide MDCCLIII, veröffentlicht hat. (G.S. 23. Juni; *S. B.*)

Fuchs, zur Theorie der Abel'schen Functionen. (Cl. 7. Juli; *S. B.*)

Koenigsberger, über die Erniedrigung der Anzahl der unabhängigen Parameter Lagrange'scher Bewegungsgleichungen durch Erhöhung der Ordnung des kinetischen Potentials. (Cl. 7. Juli; *S. B.*)

Frobenius, über Relationen zwischen den Charakteren einer Gruppe und denen ihrer Untergruppen. (G.S. 14. Juli; *S. B.*)

Schwarz, über die Lösung einer mit der Theorie der hypergeometrischen Reihe zusammenhängenden speciellen functionentheoretischen Aufgabe. (Cl. 21. Juli.)

Koenigsberger, über die Entwickelungsform algebraischer Functionen und die Irreductibilität algebraischer Gleichungen. (Cl. 17. Nov.; *S. B.*)

Philosophie.

Stumpf, über den Begriff des Affects. (Cl. 3. März.)

Dilthey, die Berufung von Schleiermacher an die Universität Halle. (G.S. 10. Nov.)

Geschichte.

Dümmler, Hrabanstudien. (Cl. 13. Jan.; *S.B.*)

Köhler, die Eroberung Asiens durch Alexander den Grofsen und der korinthische Bund. (Cl. 3. Febr.; *S.B.*)

Weinhold, die Verehrung der Quellen in Deutschland. (G.S. 10. Febr.; *Abh.*)

Harnack, die Akademie und Fichte. (Cl. 17. Febr.)

Schmidt, E., Uhland als Politiker. (G.S. 10. März.)

Koser, über den preufsisch-englischen Subsidien-Vertrag vom 11. April 1758 und die Sendung des Sir Joseph Yorke in das preufsische Hauptquartier. (Cl. 31. März.)

Lenz, über den Schmalkaldischen Krieg. (G.S. 28. April.)

Judeich, Prof. W., Bericht über eine Reise im nordwestlichen Kleinasien. Vorgelegt von Kiepert. (G.S. 12. Mai; *S.B.* 14. Juli.)

Harnack, Beiträge zur Geschichte der Königlichen Akademie der Wissenschaften in den Jahren 1806 und 1807. (Cl. 7. Juli.)

Harnack, über zwei von Grenfell und Hunt entdeckte und publicirte altchristliche Fragmente. (G.S. 14. Juli; *S.B.*)

Hirschfeld, über den Namen »Germani« bei Tacitus und sein Aufkommen bei den Römern. (G.S. 28. Juli.)

Dümmler, über die Entstehung der Lorcher Fälschungen. (Cl. 17. Nov.; *S.B.*)

Köhler, über das asiatische Reich des Antigonos. (Cl. 1. Dec.; *S.B.* 15. Dec.)

Staats- und Rechtswissenschaft.

Pernice, über den privatrechtlichen Standpunkt in der Lehre der römischen Juristen. (G.S. 23. Juni.)

Bekker, über die natürliche Beschaffenheit der Objecte unserer dinglichen Rechte. (Cl. 20. Oct.; *S.B.* 3. Nov.)

Schmoller, über die englische Handels- und Zoll-Politik des 17. und 18. Jahrhunderts. (Cl. 3. Nov.)

Allgemeine, deutsche und andere neuere Philologie.

Classische Philologie.

Archaeologie.

Bericht über den Erfolg der Preisausschreibungen für 1898 und neue Preisausschreibungen am Leibniz-Tage 1898.

Die aus akademischen Mitteln für das Jahr 1898 ausgeschriebene Preisaufgabe und das Preisausschreiben aus dem Eller'schen Legat für 1898 sind beide ohne Bewerber geblieben; doch hat die Akademie beide Aufgaben folgendermafsen von neuem gestellt.

Akademische Preisaufgabe für 1902.

Nachdem die in der Leibniz-Sitzung des Jahres 1894 gestellte akademische Preisaufgabe keinen Bewerber gefunden hat, wird sie in folgender etwas abgeänderter Weise wiederholt:

»Sei $f_1(z), f_2(z), \ldots f_n(z)$ ein Fundamentalsystem von Integralen einer linearen homogenen Differentialgleichung mit algebraischen Coefficienten.

Es soll die Function z der Variablen $\frac{u_2}{u_1}, \frac{u_3}{u_1}, \ldots \frac{u_n}{u_1}$, welche

durch die Gleichung

$$u_1 f_1(z) + u_2 f_2(z) + \ldots + u_n f_n(z) = 0$$

definirt ist, einer eingehenden Untersuchung unterworfen werden. Insbesondere ist für den Fall, dafs z eine endlichwerthige Function wird, eine Darstellung derselben zu ermitteln. Hieran ist die Erörterung der Frage anzuschliefsen, inwieweit diese besonderen Functionen für die Integration der linearen Differentialgleichungen n^{ter} Ordnung verwerthet werden können.«

Der ausgesetzte Preis beträgt fünftausend Mark.

Die Bewerbungsschriften können in deutscher, lateinischer, französischer, englischer oder italiänischer Sprache abgefafst sein. Schriften, die in störender Weise unleserlich geschrieben sind, können durch Beschlufs der zuständigen Classe von der Bewerbung ausgeschlossen werden.

Jede Bewerbungsschrift ist mit einem Spruchwort zu bezeichnen, und dieses auf einem beizufügenden versiegelten, innerlich den Namen und die Adresse des Verfassers angebenden Zettel äufserlich zu wiederholen. Schriften, welche den Namen des Verfassers nennen oder deutlich ergeben, werden von der Bewerbung ausgeschlossen. Zurückziehung einer eingelieferten Preisschrift ist nicht gestattet.

Die Bewerbungsschriften sind bis zum 31. December 1901 im Bureau der Akademie, Berlin NW. 7, Universitätsstr. 8, einzuliefern. Die Verkündigung des Urtheils erfolgt in der Leibniz-Sitzung des Jahres 1902.

Sämmtliche bei der Akademie zum Behuf der Preisbewerbung eingegangene Arbeiten nebst den dazu gehörigen Zetteln werden ein Jahr lang von dem Tage der Urtheilsverkündigung ab von der Akademie für die Verfasser aufbewahrt. Nach Ablauf der bezeichneten Frist steht es der Akademie frei, die nicht abgeforderten Schriften und Zettel zu vernichten.

Preisausschreiben aus dem Eller'schen Legat.

In der Sitzung vom 30. Juni 1892 hat die Akademie folgende Preisaufgabe ausgeschrieben:

»Es soll entweder eine neue Methode zur Bestimmung der Intensität der Sonnenstrahlung angegeben oder eine der bereits bekannten Methoden soweit verbessert werden, dafs sich der Einflufs von Sonnennähe und Sonnenferne in den Beobachtungen unzweideutig erkennen läfst.

Die gewählte Methode soll durch ausreichende, mindestens drei Perihelien und drei Aphelien umfassende Beobachtungsreihen geprüft werden.«

Es ist keine Bewerbungsschrift eingelaufen.

Die Akademie hat beschlossen, die gestellte Aufgabe zu erneuern und zwar in der folgenden Form:

»Es soll eine neue Methode zur Bestimmung der Solarconstante angegeben, oder eine der bekannten Methoden soweit verbessert werden, dafs in den zu verschiedenen Zeiten des Jahres angestellten Beobachtungen der Einflufs der veränderlichen Entfernung zwischen Sonne und Erde unzweideutig erkennbar ist.

Die gewählte Methode soll durch ausreichende, mindestens drei Perihelien und drei Aphelien umfassende Beobachtungsreihen geprüft werden.«

Der ausgesetzte Preis beträgt zweitausend Mark.

Die Bewerbungsschriften können in deutscher, lateinischer, französischer, englischer oder italiänischer Sprache abgefafst sein. Schriften, die in störender Weise unleserlich geschrieben sind, können durch Beschlufs der zuständigen Classe von der Bewerbung ausgeschlossen werden.

Jede Bewerbungsschrift ist mit einem Spruchwort zu bezeichnen, und dieses auf einem beizufügenden versiegelten, innerlich den Namen und die Adresse des Verfassers angebenden Zettel

äufserlich zu wiederholen. Schriften, welche den Namen des Verfassers nennen oder deutlich ergeben, werden von der Bewerbung ausgeschlossen. Zurückziehung einer eingelieferten Preisschrift ist nicht gestattet.

Die Bewerbungsschriften sind bis zum 31. December 1903 im Bureau der Akademie, Berlin NW. 7, Universitätsstrafse 8, einzuliefern. Die Verkündigung des Urtheils erfolgt in der Leibniz-Sitzung des Jahres 1904.

Sämmtliche bei der Akademie zum Behuf der Preisbewerbung eingegangene Arbeiten nebst den dazu gehörigen Zetteln werden ein Jahr lang von dem Tage der Urtheilsverkündigung ab von der Akademie für die Verfasser aufbewahrt. Nach Ablauf der bezeichneten Frist steht es der Akademie frei, die nicht abgeforderten Schriften und Zettel zu vernichten.

Aufserdem hat die Akademie eine

Akademische Preisaufgabe für 1901

neu ausgeschrieben.

»Die Akademie wünscht eine Darstellung des Systems von Leibniz, welche in eindringender Analyse der Grundgedanken und ihres Zusammenhangs, sowie in der Verfolgung ihrer Quellen und allmählichen Entwickelung über die bisherigen Darstellungen wesentlich hinausgeht. Obgleich diese beiden Ziele bei jeder Lösung der Aufgabe in gewissem Mafse mit einander verknüpft werden müssen, bleibt es doch den Bearbeitern überlassen, welches von beiden sie mehr in den Vordergrund stellen wollen.

Bei der Darstellung des ausgebildeten Systems sind vor allem die Abhängigkeitsverhältnisse zwischen den Hauptsätzen durch Belege festzustellen und hierbei thunlichst alle von Leibniz gepflegten Gebiete zu berücksichtigen. Deductive Erwägungen sollen er-

gänzend eintreten, wo die auffindbaren Belege den Zusammenhang nicht ausreichend erkennen lassen.

Analoges gilt von der entwickelungsgeschichtlichen Seite der Aufgabe. Die gedruckt vorliegenden Quellen sollen auch hierbei so vollständig als möglich ausgenützt und der Spielraum bloſser Constructionen möglichst eingeschränkt werden. Ein Zurückgehen auf Leibnizens handschriftlichen Nachlaſs, wie es zur vollständigen Lösung des Problems allerdings unentbehrlich wäre, kann aus äuſseren Gründen nicht verlangt werden, doch werden selbstverständlich Beiträge nach dieser Richtung willkommen sein.«

Der ausgesetzte Preis beträgt fünftausend Mark. Die Akademie behält sich vor, einer etwa eingehenden zweiten, von ihr preiswürdig befundenen Arbeit ein Accessit von dreitausend Mark zu ertheilen.

Die Bewerbungsschriften können in deutscher, lateinischer, französischer, englischer oder italiänischer Sprache abgefaſst sein. Schriften, die in störender Weise unleserlich geschrieben sind, können durch Beschluſs der zuständigen Classe von der Bewerbung ausgeschlossen werden.

Jede Bewerbungsschrift ist mit einem Spruchwort zu bezeichnen, und dieses auf einem beizufügenden versiegelten, innerlich den Namen und die Adresse des Verfassers angebenden Zettel äuſserlich zu wiederholen. Schriften, welche den Namen des Verfassers nennen oder deutlich ergeben, werden von der Bewerbung ausgeschlossen. Zurückziehung einer eingelieferten Preisschrift ist nicht gestattet.

Die Bewerbungsschriften sind bis zum 31. December 1900 im Bureau der Akademie, Berlin NW. 7, Universitätsstr. 8, einzuliefern. Die Verkündigung des Urtheils erfolgt in der Leibniz-Sitzung des Jahres 1901.

Sämmtliche bei der Akademie zum Behuf der Preisbewerbung eingegangene Arbeiten nebst den dazu gehörigen Zetteln werden

ein Jahr lang von dem Tage der Urtheilsverkündigung ab von der Akademie für die Verfasser aufbewahrt. Nach Ablauf der bezeichneten Frist steht es der Akademie frei, die nicht abgeforderten Schriften und Zettel zu vernichten.

Verzeichniſs der im Jahre 1898 erfolgten Geldbewilligungen aus akademischen Mitteln zur Ausführung wissenschaftlicher Unternehmungen.

Es wurden im Laufe des Jahres 1898 bewilligt:

7200 Mark dem Mitgliede der Akademie Hrn. Diels zur Fortsetzung der Arbeiten für die Herausgabe der griechischen Commentatoren des Aristoteles.

3300 » dem Mitgliede der Akademie Hrn. Kirchhoff zur Fortsetzung der Arbeiten für Sammlung der griechischen Inschriften.

6000 » dem Mitgliede der Akademie Hrn. Koser zur Fortführung der Arbeiten für Herausgabe der politischen Correspondenz König Friedrich's II.

2000 » dem Mitgliede der Akademie Hrn. Engler zur Fortsetzung seiner Monographien ostafricanischer Pflanzenfamilien.

1500 » dem Mitgliede der Akademie Hrn. Schulze zur Herausgabe eines Werkes über americanische Hexaktinelliden.

3000 » dem Mitgliede der Akademie Hrn. Johannes Schmidt zur Herstellung eines litauisch-deutschen Wörterbuches durch den Pfarrer Jurkschat in Cranz.

3000 Mark dem correspondirenden Mitgliede der Akademie Hrn. Ahlwardt zur Herausgabe einiger altarabischer Dichter.

1000 » Hrn. Dr. Albrecht Bethe in Strafsburg i. E. zu Untersuchungen über die Erhaltung des Gleichgewichts bei den Thieren.

1000 » Hrn. Prof. Dr. Karl Brandt in Kiel zur Theilnahme an der Forschungsreise des Fürsten Albert I. von Monaco im Atlantischen Ocean.

1000 » Hrn. Prof. Dr. Rudolf Burckhardt in Basel zu einer Arbeit über das Selachierhirn.

1000 » Hrn. Prof. Dr. Emil Cohen in Greifswald zur Fortsetzung seiner Untersuchungen von Meteoreisen.

500 » Hrn. Prof. Maximilian Curtze in Thorn zur Herausgabe des Euclid-Commentars des An-Nainzi in der Übersetzung des Gherardo Cremonese.

600 » Hrn. Dr. Paul Graebner in Berlin zur Weiterführung seiner Studien über die Formation der Haide und die Entstehung der deutschen Haidebezirke.

2400 » Hrn. Prof. Dr. Paul Knuth in Kiel zu einer Reise nach Java zum Zweck blüthenbiologischer Untersuchungen.

500 » Hrn. Dr. Martin Krüger in Charlottenburg zur Fortsetzung seiner Untersuchungen über die Alloxurbasen des Harns.

800 » Hrn. Dr. E. Küster in Charlottenburg zu algologischen Studien.

500 » Hrn. Dr. William Küster in Tübingen zu Untersuchungen über die gegenseitigen Beziehungen von Blut- und Gallenfarbstoff.

500 » Hrn. Dr. Theodor Loesener in Berlin zum Abschlufs einer Monographie der Aquifoliaceen.

5000 Mark Hrn. Dr. F. Ristenpart in Kiel zu Vorarbeiten für einen Thesaurus positionum stellarum fixarum.

1000 » Hrn. Prof. Dr. Adolf Sauer in Heidelberg zu geologischen Untersuchungen im Aarmassiv.

1000 » Hrn. Dr. Ernst Schellwien in Königsberg i. Pr. zu geologischen Untersuchungen in den palaeozoischen Ostalpen.

2500 » Hrn. Prof. Dr. Adolf Schmidt in Gotha zur Sammlung und Bearbeitung des neuern erdmagnetischen Beobachtungsmaterials.

500 » Hrn. Prof. Dr. Oskar Schultze in Würzburg zur Untersuchung des Einflusses photochemischer Processe auf thierische Organismen.

2000 » Hrn. Dr. Paul Brönnle in Berlin zu arabischen Studien im British Museum.

1500 » Hrn. Prof. Dr. Konrad Burdach in Halle a. S. zur Fortführung seiner Untersuchungen über Ursprung und Ausbildung der neuhochdeutschen Schriftsprache.

1000 » HH. R. L. Friderichs & Co., Verlagsbuchhandlung in Elberfeld, zur Drucklegung des »Deutschen Wortführers für die Bantu-Dialekte von P. H. Brincker«.

1000 » Hrn. Prof. Dr. Heinrich Gelzer in Jena zur Herausgabe der Notitiae episcopatuum.

1600 » Hrn. Prof. Dr. Emil Hübner in Berlin zur Herstellung eines Supplementbandes der Inscriptiones Hispaniae christianae.

750 » Hrn. Prof. Dr. Max Kühlewein in Ilfeld zur Ausführung einiger für seine Ausgabe Hippokratischer Schriften erforderlicher Handschriften-Collationen.

1800 » Hrn. Dr. Joseph Paczkowski in Göttingen zu agrarhistorischen Untersuchungen.

1000 Mark Hrn. Prof. Dr. Karl Pauli in Lugano zur Vollendung des von ihm herausgegebenen Corpus Inscriptionum Etruscarum.

1000 » Hrn. Prof. Dr. Theodor Schiemann in Berlin zu einer Reise nach Frankreich zum Zwecke der Sammlung handschriftlichen Materials für eine Geschichte Kaiser Nicolaus' I. von Rufsland.

400 » Hrn. Bibliothekar Dr. Georg Steinhausen in Jena zur Herausgabe eines 1. Bandes deutscher Privatbriefe des Mittelalters.

Verzeichnifs der im Jahre 1898 erschienenen im Auftrage oder mit Unterstützung der Akademie bearbeiteten oder herausgegebenen Werke.

Acta Borussica. Denkmäler der Preufsischen Staatsverwaltung im 18. Jahrhundert. Behördenorganisation und allgemeine Staatsverwaltung. Bd. 2. Bearb. von G. Schmoller, O. Krauske und V. Loewe. Berlin 1898.

Commentaria in Aristotelem graeca. Vol. 2. Pars 3. Alexandri quod fertur in Aristotelis sophisticos elenchos commentarium ed. Maximilianus Wallies. — Vol. 13. Pars 1. Philoponi (olim Ammonii) in Aristotelis categorias commentarium ed. Adolfus Busse. Berolini 1898.

Corpus inscriptionum latinarum. Vol. 4. Supplementum ed. Augustus Mau et Carolus Zangemeister. Pars 1. Berolini 1898. fol.

Inscriptiones graecae insularum maris Aegaei. Fasc. 3. Ed. Fridericus Hiller de Gaertringen. Berolini 1898. fol.

Prosopographia imperii Romani saec. I. II. III. Pars 3. Ed. Paulus de Rohden et Hermannus Dessau. Berolini 1898.

Ergebnisse der Plankton-Expedition der Humboldt-Stiftung. Bd. 2. H. d. Häcker, Valentin. Die pelagischen Polychaeten- und Achaetenlarven. — Bd. 2. I. Mortensen, Th. Die Echinodermenlarven. — Bd. 2. K. a. Chun, Carl. Die Ctenophoren. — Bd. 2. K. e. van Beneden, Eduard. Die Anthozoen. Kiel und Leipzig 1897. 98. 4.

Vocabularium iurisprudentiae Romanae editum iussu Instituti Savigniani. Vol. 1. Fasc. 2. Berolini 1898.

Altmann, Wilhelm. Die Urkunden Kaiser Sigmunds (1410–1437). Bd. 2. Lief. 2. Innsbruck 1898. 4.

Bethe, Albrecht. Das Centralnervensystem von *Carcinus Maenas*. Th. 2. Mitth. 3. Bonn 1898. Sep.-Abdr.

Brincker, P. H. Deutscher Wortführer für die Bantu-Dialekte Otjihérero, Oshindónga und Oshikŭánjama in Südwest-Afrika. Elberfeld 1897.

Buresch, Karl. Aus Lydien. Epigraphisch-geographische Reisefrüchte. Hrsg. von Otto Ribbeck. Leipzig 1898.

Corpus inscriptionum etruscarum ed. Carolus Pauli. Fasc. 7. 8. Lipsiae 1898. fol.

Erdmann, Benno, und Dodge, Raymond. Psychologische Untersuchungen über das Lesen auf experimenteller Grundlage. Halle a. S. 1898.

Fauth, Phil. Beobachtungen der Planeten Jupiter und Mars aus den Oppositionen von 1896–97 auf der Privatsternwarte zu Landstuhl. III. Kaiserslautern 1898. 4.

Hagen, B. Anthropologischer Atlas ostasiatischer und melanesischer Völker. Wiesbaden 1898. 4.

Holtermann, Carl. Mykologische Untersuchungen aus den Tropen. Berlin 1898. 4.

Monographieen afrikanischer Pflanzen-Familien und -Gattungen. Hrsg. von A. Engler. I. Engler, A. *Moraceae* (excl. *Ficus*). — II. Gilg, E. *Melastomataceae.* Leipzig 1898. 4.

Müller, G., und Kempf, P. Untersuchungen über die Absorption des Sternenlichts in der Erdatmosphaere, angestellt auf dem Aetna und in Catania. Potsdam 1898. 4. Sep.-Abdr.

Philonis Alexandrini opera quae supersunt ed. Leopoldus Cohn et Paulus Wendland. Vol. 3. Ed. Paulus Wendland. Berolini 1898.

Rinne, F. Über norddeutsche Basalte aus dem Gebiete der Weser und den angrenzenden Gebieten der Werra und Fulda. I. II. Berlin 1893. 98. Sep.-Abdr.

Steinmeyer, Elias, und Sievers, Eduard. Die althochdeutschen Glossen gesammelt und bearb. Bd. 4. Berlin 1898.

Indische Studien. Beiträge für die Kunde des indischen Alterthums. Hrsg. von Albrecht Weber. Bd. 18. Leipzig 1898.

Taschenberg, O. Bibliotheca zoologica II. Verzeichniſs der Schriften über Zoologie, welche in den periodischen Werken enthalten und vom Jahre 1861–1880 selbständig erschienen sind. Lief. 14. Leipzig 1898.

Ziegler, Heinrich Ernst. Experimentelle Studien über die Zelltheilung. I–III. Leipzig 1898. Sep.-Abdr.

Veränderungen im Personalstande der Akademie im Laufe des Jahres 1898.

Es wurden gewählt:

zum ordentlichen Mitgliede der physikalisch-mathematischen Classe:

Hr. Theodor Wilhelm Engelmann am 20. Januar 1898, bestätigt durch K. Cabinetsordre vom 14. Februar 1898;

zum ordentlichen Mitgliede der philosophisch-historischen Classe:

Hr. Reinhard Kekule von Stradonitz am 12. Mai 1898, bestätigt durch K. Cabinetsordre vom 9. Juni 1898;

zum auswärtigen Mitgliede der physikalisch-mathematischen Classe:

Hr. Max von Pettenkofer in München am 10. Februar 1898, bestätigt durch K. Cabinetsordre vom 4. April 1898;

zu correspondirenden Mitgliedern der physikalisch-mathematischen Classe:

Hr. Georg Ossian Sars in Christiania am 24. Februar 1898,
» Adolf Fick in Würzburg am 24. Februar 1898,
» Karl von Voit in München am 24. Februar 1898,
» Victor Hensen in Kiel am 24. Februar 1898,
» Willy Kühne in Heidelberg am 24. Februar 1898,
» Émile Picard in Paris am 24. Februar 1898,
Sir William Turner in Edinburgh am 10. März 1898,

Hr. Richard Hertwig in München am 28. April 1898,
» Hubert Ludwig in Bonn am 14. Juli 1898,
» Michel Lévy in Paris am 28. Juli 1898,
» Gustaf Lindström in Stockholm am 28. Juli 1898;

zum correspondirenden Mitgliede der philosophisch-historischen Classe:

Hr. Ferdinand Justi in Marburg am 14. Juli 1898.

Gestorben sind:

das ordentliche Mitglied der physikalisch-mathematischen Classe:

Hr. Wilhelm Dames am 22. December 1898;

die correspondirenden Mitglieder der physikalisch-mathematischen Classe:

Hr. Rudolf Leuckart in Leipzig am 6. Februar 1898,
» Karl Wilhelm von Gümbel in München am 18. Juni 1898,
» Ferdinand Cohn in Breslau am 25. Juni 1898;

die correspondirenden Mitglieder der philosophisch-historischen Classe:

Hr. Georg Bühler in Wien am 8. April 1898,
» Otto Ribbeck in Leipzig am 18. Juli 1898.

Verzeichniſs
der
Mitglieder der Akademie der Wissenschaften.
Am Schlusse des Jahres 1898.

I. Beständige Secretare.

	Gewählt von der	Datum der Königl. Bestätigung
Hr. *Auwers*	phys.-math. Classe	1878 April 10.
- *Vahlen*	phil.-hist. -	1893 April 5.
- *Diels*	phil.-hist. -	1895 Nov. 27.
- *Waldeyer*	phys.-math. -	1896 Jan. 20.

II. Ordentliche Mitglieder

der physikalisch-mathematischen Classe	der philosophisch-historischen Classe	Datum der Königlichen Bestätigung
	Hr. *Heinrich Kiepert*	1853 Juli 25.
Hr. *Karl Friedr. Rammelsberg*		1855 Aug. 15.
	- *Albrecht Weber*	1857 Aug. 24.
	- *Theodor Mommsen*	1858 April 27.
	- *Adolf Kirchhoff*	1860 März 7.
- *Arthur Auwers*		1866 Aug. 18.
- *Rudolf Virchow*		1873 Dec. 22.
	- *Johannes Vahlen*	1874 Dec. 16.
	- *Eberhard Schrader*	1875 Juni 14.
	- *Alexander Conze*	1877 April 23.
- *Simon Schwendener*		1879 Juli 13.
- *Hermann Munk*		1880 März 10.
	- *Adolf Tobler*	1881 Aug. 15.
	- *Hermann Diels*	1881 Aug. 15.

der physikalisch-mathematischen Classe	der philosophisch-historischen Classe	Datum der Königlichen Bestätigung
Hr. *Hans Landolt*		1881 Aug. 15.
- *Wilhelm Waldeyer*		1884 Febr. 18.
	Hr. *Alfred Pernice*	1884 April 9.
	- *Heinrich Brunner*	1884 April 9.
	- *Johannes Schmidt*	1884 April 9.
- *Lazarus Fuchs*		1884 April 9.
- *Franz Eilhard Schulze*		1884 Juni 21.
	- *Otto Hirschfeld*	1885 März 9.
- *Wilhelm von Bezold*		1886 April 5.
	- *Eduard Sachau*	1887 Jan. 24.
	- *Gustav Schmoller*	1887 Jan. 24.
	- *Wilhelm Dilthey*	1887 Jan. 24.
- *Karl Klein*		1887 April 6.
- *Karl Möbius*		1888 April 30.
	- *Ernst Dümmler*	1888 Dec. 19.
	- *Ulrich Köhler*	1888 Dec. 19.
	- *Karl Weinhold*	1889 Juli 25.
- *Adolf Engler*		1890 Jan. 29.
	- *Adolf Harnack*	1890 Febr. 10.
- *Hermann Karl Vogel*		1892 März 30.
- *Hermann Amandus Schwarz*		1892 Dec. 19.
- *Georg Frobenius*		1893 Jan. 14.
- *Emil Fischer*		1893 Febr. 6.
- *Oskar Hertwig*		1893 April 17.
- *Max Planck*		1894 Juni 11.
	- *Karl Stumpf*	1895 Febr. 18.
	- *Erich Schmidt*	1895 Febr. 18.
	- *Adolf Erman*	1895 Febr. 18.
- *Friedrich Kohlrausch*		1895 Aug. 13.
- *Emil Warburg*		1895 Aug. 13.
- *Jakob Heinrich van't Hoff*		1896 Febr. 26.
	- *Reinhold Koser*	1896 Juli 12.
	- *Max Lenz*	1896 Dec. 14.
- *Theodor Wilhelm Engelmann*		1898 Febr. 14.
	- *Reinhard Kekule von Stradonitz*	1898 Juni 9.

III. Auswärtige Mitglieder

der physikalisch-mathematischen Classe	der philosophisch-historischen Classe	Datum der Königlichen Bestätigung
Hr. *Robert Bunsen* in Heidelberg		1862 März 3.
- *Charles Hermite* in Paris		1884 Jan. 2.
	Hr. *Otto von Böhtlingk* in Leipzig	1885 Nov. 30.
- *Albert von Koelliker* in Würzburg		1892 März 16.
	- *Eduard Zeller* in Stuttgart	1895 Jan. 14.
- *Max von Pettenkofer* in München		1898 April 4.

IV. Ehren-Mitglieder.

	Datum der Königlichen Bestätigung
Earl *of Crawford and Balcarres* in Dunecht, Aberdeen	1883 Juli 30.
Hr. *Max Lehmann* in Göttingen	1887 Jan. 24.
- *Ludwig Boltzmann* in Wien	1888 Juni 29.
Se. Majestät *Oskar II.*, König von Schweden und Norwegen	1897 Sept. 14.

V. Correspondirende Mitglieder.

Physikalisch-mathematische Classe.

	Datum der Wahl
Hr. *Ernst Abbe* in Jena	1896 Oct. 29.
- *Alexander Agassiz* in Cambridge, Mass.	1895 Juli 18.
- *Adolf von Baeyer* in München	1884 Jan. 17.
- *Friedrich Beilstein* in St. Petersburg	1888 Dec. 6.
- *Eugenio Beltrami* in Rom	1881 Jan. 6.
- *Eduard van Beneden* in Lüttich	1887 Nov. 3.
- *Otto Bütschli* in Heidelberg	1897 März 11.
- *Stanislao Cannizzaro* in Rom	1888 Dec. 6.
- *Elwin Bruno Christoffel* in Strafsburg	1868 April 2.
- *Alfonso Cossa* in Turin	1895 Juni 13.
- *Luigi Cremona* in Rom	1886 Juli 15.
- *Gaston Darboux* in Paris	1897 Febr. 11.
- *Richard Dedekind* in Braunschweig	1880 März 11.
- *Ernst Ehlers* in Göttingen	1897 Jan. 21.
- *Adolf Fick* in Würzburg	1898 Febr. 24.
- *Rudolf Fittig* in Strafsburg	1896 Oct. 29.
- *Walter Flemming* in Kiel	1893 Juni 1.
Sir *Edward Frankland* in Reigate, Surrey	1875 Nov. 18.
Hr. *Karl Gegenbaur* in Heidelberg	1884 Jan. 17.
Sir *Archibald Geikie* in London	1889 Febr. 21.
Hr. *Wolcott Gibbs* in Newport, R. I.	1885 Jan. 29.
- *David Gill,* Königl. Sternwarte am Cap der Guten Hoffnung	1890 Juni 5.
- *Julius Hann* in Graz	1889 Febr. 21.
- *Franz von Hauer* in Wien	1881 März 3.
- *Victor Hensen* in Kiel	1898 Febr. 24.
- *Richard Hertwig* in München	1898 April 28.
- *Wilhelm His* in Leipzig	1893 Juni 1.
- *Wilhelm Hittorf* in Münster	1884 Juli 31.
Sir *Joseph Dalton Hooker* in Sunningdale	1854 Juni 1.
- *William Huggins* in London	1895 Dec. 12.
Lord *Kelvin* in Glasgow	1871 Juli 13.
Hr. *Leo Koenigsberger* in Heidelberg	1893 Mai 4.
- *Willy Kühne* in Heidelberg	1898 Febr. 24.
- *Karl von Kupffer* in München	1896 April 30.
- *Auguste-Michel Lévy* in Paris	1898 Juli 28.
- *Franz von Leydig* in Rothenburg o. d. T.	1887 Jan. 20.

	Datum der Wahl
Hr. *Gustaf Lindström* in Stockholm	1898 Juli 28.
- *Rudolf Lipschitz* in Bonn	1872 April 18.
- *Moritz Loewy* in Paris	1895 Dec. 12.
- *Hubert Ludwig* in Bonn	1898 Juli 14.
- *Éleuthère Mascart* in Paris	1895 Juli 18.
- *Karl Neumann* in Leipzig	1893 Mai 4.
- *Georg Neumayer* in Hamburg	1896 Febr. 27.
- *Simon Newcomb* in Washington	1883 Juni 7.
- *Max Noether* in Erlangen	1896 Jan. 30.
- *Wilhelm Pfeffer* in Leipzig	1889 Dec. 19.
- *Eduard Pflüger* in Bonn	1873 April 3.
- *Émile Picard* in Paris	1898 Febr. 24.
- *Henri Poincaré* in Paris	1896 Jan. 30.
- *Georg Quincke* in Heidelberg	1879 März 13.
- *William Ramsay* in London	1896 Oct. 29.
Lord *Rayleigh* in Witham, Essex	1896 Oct. 29.
Hr. *Friedrich von Recklinghausen* in Strafsburg	1885 Febr. 26.
- *Gustaf Retzius* in Stockholm	1893 Juni 1.
- *Ferdinand* Freiherr *von Richthofen* in Berlin	1881 März 3.
- *Wilhelm Konrad Röntgen* in Würzburg	1896 März 12.
- *Heinrich Rosenbusch* in Heidelberg	1887 Oct. 20.
- *George Salmon* in Dublin	1873 Juni 12.
- *Georg Ossian Sars* in Christiania	1898 Febr. 24.
- *Giovanni Virginio Schiaparelli* in Mailand	1879 Oct. 23.
Sir *George Gabriel Stokes* in Cambridge	1859 April 7.
Hr. *Eduard Strasburger* in Bonn	1889 Dec. 19.
- *Otto von Struve* in Karlsruhe	1868 April 2.
- *August Toepler* in Dresden	1879 März 13.
- *Gustav Tschermak* in Wien	1881 März 3.
Sir *William Turner* in Edinburgh	1898 März 10.
Hr. *Karl von Voit* in München	1898 Febr. 24.
- *Heinrich Weber* in Strafsburg	1896 Jan. 30.
- *August Weismann* in Freiburg i. B.	1897 März 11.
- *Gustav Wiedemann* in Leipzig	1879 März 13.
- *Heinrich Wild* in Zürich	1881 Jan. 6.
- *Alexander William Williamson* in High Pitfold, Haslemere	1875 Nov. 18.
- *Johannes Wislicenus* in Leipzig	1896 Oct. 29.
- *Adolf Wüllner* in Aachen	1889 März 7.
- *Ferdinand Zirkel* in Leipzig	1887 Oct. 20.
- *Karl Alfred von Zittel* in München	1895 Juni 13.

Philosophisch-historische Classe.

	Datum der Wahl
Hr. *Wilhelm Ahlwardt* in Greifswald	1888 Febr. 2.
- *Graziadio Isaia Ascoli* in Mailand	1887 März 10.
- *Theodor Aufrecht* in Bonn	1864 Febr. 11.
- *Ernst Immanuel Bekker* in Heidelberg	1897 Juli 29.
- *Otto Benndorf* in Wien	1893 Nov. 30.
- *Franz Bücheler* in Bonn	1882 Juni 15.
- *Ingram Bywater* in Oxford	1887 Nov. 17.
- *Antonio Maria Ceriani* in Mailand	1869 Nov. 4.
- *Karl Adolf von Cornelius* in München	1897 Oct. 28.
- *Edward Byles Cowell* in Cambridge	1893 April 20.
- *Léopold Delisle* in Paris	1867 April 11.
- *Heinrich Denifle* in Rom	1890 Dec. 18.
- *Wilhelm Dittenberger* in Halle	1882 Juni 15.
- *Louis Duchesne* in Rom	1893 Juli 20.
- *Bernhard Erdmannsdörffer* in Heidelberg	1897 Oct. 28.
- *Julius Ficker* Ritter *von Feldhaus* in Innsbruck	1893 Juli 20.
- *Kuno Fischer* in Heidelberg	1885 Jan. 29.
- *Paul Foucart* in Paris	1884 Juli 17.
- *Karl Immanuel Gerhardt* in Halle a. S.	1861 Jan. 31.
- *Theodor Gomperz* in Wien	1893 Oct. 19.
- *Wilhelm von Hartel* in Wien	1893 Oct. 19.
- *Karl von Hegel* in Erlangen	1876 April 6.
- *Johann Ludvig Heiberg* in Kopenhagen	1896 März 12.
- *Antoine Héron de Villefosse* in Paris	1893 Febr. 2.
- *Hermann von Holst* in Chicago	1889 Juli 25.
- *Théophile Homolle* in Athen	1887 Nov. 17.
- *Vatroslav Jagić* in Wien	1880 Dec. 16.
- *Friedrich Imhoof-Blumer* in Winterthur	1879 Juni 19.
- *Ferdinand Justi* in Marburg	1898 Juli 14.
- *Karl Justi* in Bonn	1893 Nov. 30.
- *Panagiotis Kabbadias* in Athen	1887 Nov. 17.
- *Georg Kaibel* in Göttingen	1891 Juni 4.
- *Franz Kielhorn* in Göttingen	1880 Dec. 16.
- *Georg Friedrich Knapp* in Strafsburg	1893 Dec. 14.
- *Sigismund Wilhelm Kölle* in London	1855 Mai 10.
- *Stephanos Kumanudes* in Athen	1870 Nov. 3.
- *Basil Latyschew* in St. Petersburg	1891 Juni 4.
- *Giacomo Lumbroso* in Rom	1874 Nov. 12.
- *Gaston Maspero* in Paris	1897 Juli 15.
- *Konrad von Maurer* in München	1889 Juli 25.

	Datum der Wahl
Hr. *Adolf Michaelis* in Strafsburg	1888 Juni 21.
- *Max Müller* in Oxford	1865 Jan. 12.
- *Theodor Nöldeke* in Strafsburg	1878 Febr. 14.
- *Julius Oppert* in Paris	1862 März 13.
- *Gaston Paris* in Paris	1882 April 20.
- *Georges Perrot* in Paris	1884 Juli 17.
- *Wilhelm Pertsch* in Gotha	1888 Febr. 2.
- *Wilhelm Radloff* in St. Petersburg	1895 Jan. 10.
- *Félix Ravaisson* in Paris	1847 Juni 10.
- *Emil Schürer* in Göttingen	1893 Juli 20.
- *Theodor von Sickel* in Rom	1876 April 6.
- *Christoph von Sigwart* in Tübingen	1885 Jan. 29.
- *Friedrich von Spiegel* in München	1862 März 13.
- *William Stubbs* in Oxford	1882 März 30.
Sir *Edward Maunde Thompson* in London	1895 Mai 2.
Hr. *Hermann Usener* in Bonn	1891 Juni 4.
- *Girolamo Vitelli* in Florenz	1897 Juli 15.
- *Kurt Wachsmuth* in Leipzig	1891 Juni 4.
- *Heinrich Weil* in Paris	1896 März 12.
- *Ulrich von Wilamowitz-Moellendorff* in Westend, Berlin	1891 Juni 4.
- *Ludvig Wimmer* in Kopenhagen	1891 Juni 4.
- *Ferdinand Wüstenfeld* in Hannover	1879 Febr. 27.
- *Karl Zangemeister* in Heidelberg	1887 Febr. 10.

Wohnungen der ordentlichen Mitglieder.

Hr. Dr. *Auwers*, Prof., Geh. Regierungs-Rath, Lindenstr. 91. SW.
- - *von Bezold*, Prof., Geh. Regierungs-Rath, Lützowstr. 72. W.
- - *Brunner*, Prof., Geh. Justiz-Rath, Lutherstr. 36. W.
- - *Conze*, Professor, Villen-Colonie Grunewald, Wangenheimstr. 17.
- - *Diels*, Prof., Geh. Regierungs-Rath, Magdeburgerstr. 20. W.
- - *Dilthey*, Prof., Geh. Regierungs-Rath, Burggrafenstr. 4. W.
- - *Dümmler*, Prof., Geh. Ober-Regierungs-Rath, Königin Augusta-Str. 53. W.
- - *Engelmann*, Prof., Geh. Medicinal-Rath, Neue Wilhelmstr. 15. NW.
- - *Engler*, Prof., Geh. Regierungs-Rath, Motzstr. 89. W.
- - *Erman*, Professor, Südende, Bahnstr. 21.
- - *Fischer*, Professor, Geh. Regierungs-Rath, Dorotheenstr. 10. NW.
- - *Frobenius*, Professor, Charlottenburg, Leibnizstr. 70.
- - *Fuchs*, Professor, Rankestr. 14. W.
- - *Harnack*, Professor, Fasanenstr. 43. W.
- - *Hertwig*, Professor, Geh. Medicinal-Rath, Maafsenstr. 34. W.
- - *Hirschfeld*, Professor, Charlottenburg, Carmerstr. 3.
- - *van't Hoff*, Professor, Charlottenburg, Uhlandstr. 2.
- - *Kekule von Stradonitz*, Prof., Geh. Regierungs-Rath, Nürnbergerstr. 65. W.
- - *Kiepert*, Professor, Lindenstr. 11. SW.
- - *Kirchhoff*, Prof., Geh. Regierungs-Rath, Matthäikirchstr. 23. W.
- - *Klein*, Prof., Geh. Bergrath, Am Karlsbad 2. W.
- - *Köhler*, Professor, Königin Augusta-Str. 42. W.
- - *Kohlrausch*, Professor, Charlottenburg, Marchstr. 25[b].
- - *Koser*, Prof., Geh. Ober-Regierungs-Rath, Charlottenburg, Hardenbergstr. 20.
- - *Landolt*, Prof., Geh. Regierungs-Rath, Albrechtstr. 14. NW.
- - *Lenz*, Professor, Augsburgerstr. 52. W.
- - *Möbius*, Prof., Geh. Regierungs-Rath, Sigismundstr. 8. W.
- - *Mommsen*, Professor, Charlottenburg, Marchstr. 8.
- - *Munk*, Professor, Matthäikirchstr. 4. W.
- - *Pernice*, Prof., Geh. Justiz-Rath, Genthinerstr. 13[F]. W.

Hr. Dr. *Planck,* Professor, Tauenzienstr. 18ª. W.
- - *Rammelsberg,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Grofs-Lichterfelde, Bellevuestr. 15.
- - *Sachau,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Wormserstr. 12. W.
- - *Erich Schmidt,* Professor, Matthäikirchstr. 8. W.
- - *Joh. Schmidt,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Lützower Ufer 24. W.
- - *Schmoller,* Professor, Wormserstr. 13. W.
- - *Schrader,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Kronprinzen-Ufer 20. NW.
- - *Schulze,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Invalidenstr. 43. NW.
- - *Schwarz,* Professor, Villen-Colonie Grunewald, Boothstr. 33.
- - *Schwendener,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Matthäikirchstr. 28. W.
- - *Stumpf,* Professor, Nürnbergerstr. 14/15. W.
- - *Tobler,* Professor, Kurfürstendamm 25. W.
- - *Vahlen,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Genthinerstr. 22. W.
- - *Virchow,* Prof., Geh. Medicinal-Rath, Schellingstr. 10. W.
- - *Vogel,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Potsdam, Astrophysikalisches Observatorium.
- - *Waldeyer,* Prof., Geh. Medicinal-Rath, Lutherstr. 35. W.
- - *Warburg,* Professor, Neue Wilhelmstr. 16. NW.
- - *Weber,* Professor, Ritterstr. 56. SW.
- - *Weinhold,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Hohenzollernstr. 15. W.

Gedächtnifsrede auf Emil du Bois-Reymond.

Von

H[rn.] TH. W. ENGELMANN.

Gehalten in der öffentlichen Sitzung am 30. Juni 1898
[Sitzungsberichte St. XXXIII. S. 441].
Zum Druck eingereicht am gleichen Tage, ausgegeben am 23. Juli 1898.

Nicht ohne ernste Bedenken habe ich dem ehrenvollen Auftrage Folge zu leisten gewagt, Ihnen in der heutigen festlichen Sitzung der Akademie ein Lebensbild von Emil du Bois-Reymond zu entwerfen. Wie anziehend und lohnend die Aufgabe erscheinen mag, das Andenken an einen Mann zu feiern, der durch Tiefe und Vielseitigkeit der Begabung, durch Umfang, Energie und Erfolg seines Schaffens zu den hervorragendsten Figuren in der Geschichte der Wissenschaft gehört, — in völlig gebührender Weise ist diese Aufgabe nicht zu lösen in der kurzen uns gegebenen Frist, für mich um so weniger, als ein Theil des Lebenswerks des grofsen Forschers, den wir betrauern, in Gebiete fällt, auf denen eine Werthschätzung seiner Leistungen meinerseits anmafsend erscheinen möchte. Dazu kommt, dafs der Ort, die Umgebung, die Verhältnisse, in welchen er lebte und wirkte, mir bis vor sehr kurzer Zeit aus eigener Anschauung so gut wie unbekannt waren, und dafs ich, im Gegensatz zu weitaus den meisten unter Ihnen, denen er durch jahrelangen persönlichen Verkehr nahestand, ihm nur wenige Male und immer nur ganz kurz begegnet bin.

So mufs ich mich beschränken auf den Versuch, Ihnen in flüchtigem Umrifs den Gelehrten und Forscher zu zeichnen, so wie er einem persönlich Fernerstehenden erscheint, und mufs ich verzichten auf das Vorrecht, diesem Bilde die mannigfachen, aus unmittelbarer Anschauung entspringenden Züge hinzuzufügen, welche allein ihm volle Lebenswahrheit gewähren könnten.

Geboren zu Berlin am 7. November 1818, hat Emil Heinrich du Bois-Reymond in Berlin gelebt und gewirkt, hier Haus und Familie gegründet und nach einander alle Stufen der Ehren und Würden erklommen, die auf akademischer Laufbahn erreichbar sind. Hier auch ist er nach

langem, an Arbeit und Erfolgen reichen Schaffen im Kreise der Seinen am zweiten Weihnachtstage des Jahres 1896 gestorben. Sein Vater Felix Henri du Bois-Reymond, dessen er am Schlufs der Vorrede seiner Untersuchungen über thierische Elektricität mit tief empfundenen Worten kindlicher Dankbarkeit gedenkt, war ein französischer Schweizer, eines Feldmessers Sohn, ursprünglich Uhrmacher, aus Neuchâtel nach Berlin eingewandert, hier zu hochangesehener Stellung gekommen und hatte Wilhelmine Henry geheirathet, die älteste Tochter des Predigers der französischen Colonie in Berlin, Jean Henry, der seinerseits mit Susette, der zweiten Tochter von Daniel Chodowiecki vermählt war. Keltisch-romanisches, germanisches und slawisches Blut strömte demnach in seinen Adern, und so wäre, wie das Zusammentreffen ungewöhnlichen mechanischen, rhetorischen und künstlerischen Talentes, auch die Vereinigung hervorragender Charakterzüge jener drei grofsen Völkerrassen in du Bois gleichsam physiologisch erklärt.

Nachdem er an dem Collège français seiner Vaterstadt seine Studien beendet, bezog er Ostern 1837 die Universität Berlin, hörte Anfangs theologische, philosophische, aesthetische und historische Vorlesungen, noch unentschieden, welche Richtung er für seinen künftigen Lebenslauf einschlagen sollte. Erst in Folge der tiefen Anregung, welche er in einer gelegentlich besuchten Vorlesung über Experimentalchemie von Eilhard Mitscherlich empfing, wandte er sich von 1838 an den exacten Naturwissenschaften und der Mathematik zu. In die organische Naturwissenschaft wurde er bald darauf durch Eduard Hallmann eingeführt, der wenige Jahre zuvor eine ähnliche Wandlung des Studiengangs, von der Theologie durch die Philosophie zur Naturwissenschaft, durchgemacht hatte und damals Amanuensis von Johannes Müller am anatomischen Museum war. So kam er mit Müller in nähere Berührung, wurde 1840 dessen Famulus und 1841, nach Hallmann's Weggang, der Nachfolger von diesem. Zwei Jahre später erwarb er den Doctorgrad mit einer lateinischen Dissertation über die Kenntnisse der Alten von den elektrischen Fischen, nachdem er schon kurz zuvor durch die 1843 in Poggendorff's Annalen erschienene vorläufige Mittheilung der ersten Resultate seiner thierisch-elektrischen Untersuchungen sich einen Namen als ausgezeichneter Experimentalforscher gegründet hatte. Am 6. Juli 1846 habilitirte er sich als Privatdocent, doch nahmen ihn seine elektrophysiologischen Arbeiten dermafsen in Anspruch, dafs er erst

1854 seine Lehrthätigkeit an der Universität begann, und zwar mit physiologischen Übungen, die er in Gemeinschaft mit Johannes Müller leitete.

Inzwischen war er mehrere Jahre, in Nachfolge des nach Königsberg berufenen Helmholtz, als Lehrer der Anatomie an der Königlichen Akademie der Künste thätig, derselben Akademie, an der sein Urgrofsvater mütterlicherseits, Chodowiecki, ein Jahrhundert zuvor Rector, schliefslich Director gewesen war. Unserer Akademie der Wissenschaften gehörte er seit 1851 an, da er, in Anerkennung seiner epochemachenden Leistungen auf dem Gebiete der thierischen Elektricität, von Alexander von Humboldt und Johannes Müller auf's Wärmste empfohlen, zum ordentlichen Mitgliede ernannt ward. Von 1867 bis zu seinem Ende verwaltete er das Amt eines beständigen Secretars der Akademie. Als im Jahre 1858 mit dem Tode von Johannes Müller das bis dahin vereinigte Professorat der Anatomie und Physiologie gespalten ward, übernahm du Bois das Ordinariat der Physiologie und die Direction des physiologischen Instituts. Zweimal, 1869/70 und 1882/83, war er Rector der Berliner Universität. Der physikalischen und der physiologischen Gesellschaft zu Berlin gehörte er seit Anfang ihres Bestehens bis zu seinem Tode als Vorsitzender und thätiges Mitglied an.

Seit dem Jahre 1877 nahm die Leitung und Verwaltung des neuen nach seinen Plänen erbauten physiologischen Instituts, noch heute das umfangreichste der Welt, neben seinen übrigen amtlichen Pflichten den gröfsten Theil seiner Zeit und Kraft in Anspruch, so dafs zu ausgedehnter experimenteller Forschung nur wenig Mufse blieb.

Im Jahre 1853 vermählte er sich mit Jeannette Claude, wie er der französischen Colonie und mütterlicherseits Daniel Chodowiecki entstammend. Der erst durch seinen Tod gelösten Ehe entsprossen vier Söhne und fünf Töchter, in welchen die wissenschaftliche und künstlerische Begabung der Vorfahren fortlebt.

Bis in's Alter von stählerner, durch gymnastische Leibesübungen systematisch gepflegter Kraft, trübten schwere körperliche Leiden die letzten Jahre seines Lebens und nur seiner eisernen Energie war es, wie nahestehende Freunde versichern, zu verdanken, dafs er nicht viel früher schon zusammenbrach. Wie scharf und hell sein Geist trotz alles physischen Leids bis an's Ende blieb, davon zeugt der auf dem letzten Krankenlager abgeschlossene, denkwürdige Nachruf, welchen er im Auftrage unserer

Akademie seinem grossen, ihm vorangegangenen Freunde Helmholtz weihte.

Wie in Helmholtz, so hat auch in Emil du Bois-Reymond die Physiologie eine ihrer grofsen historischen Figuren verloren. Seine epochemachende Bedeutung liegt einmal in der Fülle und dem Gewicht der von ihm entdeckten Thatsachen und Gesetze, durch die er neue, wichtige Wissenschaftszweige in's Leben rief, dann aber in dem reformatorischen Einflufs, welchen er durch Wort und Beispiel auf die gesammte Denk- und Forschungsweise in der Physiologie ausübte. Denn ihm ist es vor Andern zu verdanken, wenn heute in dieser Wissenschaft die strengen Grundsätze exacter Naturforschung zu allgemeiner Geltung gelangt sind.

Man darf dies aussprechen ohne den Verdiensten seiner grofsen Vorgänger und Zeitgenossen Abbruch zu thun. Dankbar bewundern wir die gewaltige Förderung, welche durch seines grofsen Lehrers Johannes Müller's allumfassenden Geist und glänzendes Beispiel der gesammten Biologie zu Theil ward; der Gebrüder Weber schöpferische Leistungen im Gebiete der Lehre von den Sinnen, vom Kreislauf, von der Muskelbewegung sind noch heute leuchtende Vorbilder echter Naturforschung; tiefer als alle Entdeckungen du Bois' hat Schwann's Zellenlehre auf die Auffassung thierischer Organisation eingewirkt; an J. R. Mayer's und H. von Helmholtz' Namen ist der gröfste Fortschritt in der Erkenntnifs des causalen Zusammenhangs der Wirkungen in der leblosen und lebendigen Natur für alle Zeiten gebunden; über die unvergängliche Bedeutung des Schaffens von C. Ludwig, E. Brücke, F. C. Donders, Cl. Bernard ist unter den Physiologen aller Länder längst nur eine Stimme.

Dennoch behauptet du Bois-Reymond neben diesen Allen einen besonderen Ehrenplatz. Ja, ich glaube, man irrt nicht, wenn man seinen Einflufs auf die Physiologie in vieler Richtung für tiefergehend und nachhaltiger erachtet, als den jener anderen grofsen Forscher, welche mit ihm zusammen gegen die Mitte des Jahrhunderts die neue Epoche der Physiologie begründen halfen. Dies verräth sich schon ganz äufserlich in der Thatsache, dafs seit vierzig Jahren auf fast sämmtliche Lehrstühle der Physiologie in Deutschland und auf nicht wenige im Ausland unmittelbare Schüler du Bois-Reymond's berufen worden sind.

Dieser mächtige Schule bildende Einflufs du Bois' ist ein um so schwerer wiegender Beweis für die Gröfse seiner Bedeutung für den Fortschritt un-

serer Wissenschaft, als nach den einstimmigen Berichten Näherstehender, im Gegensatz zu dem Verfahren anderer berühmter Lehrer der Physiologie, eine directe persönliche Einwirkung und Betheiligung an der Ausbildung und dem Schaffen seiner Schüler nur in geringem Mafse Seitens du Bois' stattfand, er vielmehr im Wesentlichen Jeden selbständig sich seinen Weg suchen liefs. Auch lockte damals nach Berlin kein reichlich Raum und Hülfsmittel bietendes Laboratorium. Auf's Dürftigste und Beschränkteste sah es aus in den wenigen engen Arbeitsräumen der Universität, aus denen »damals Schlag auf Schlag Lehrer der Physiologie hervorgingen«.

Es war die Macht seines Beispiels, die Vollendung seiner Methodik, die Schärfe seiner Kritik, die Fruchtbarkeit seines productiven Schaffens, welche Jahrzehnte hindurch die Besten nach Berlin in seine Nähe zog.

Die Anziehungskraft und Anregung, welche von ihm ausgingen, waren um so gröfser, als das Gebiet, dem seine ganze Energie zugewandt und auf dem er als gewaltiger Reformator aufgetreten war, die schwierigsten und höchsten Probleme der Physiologie umfafste, obenan die Erscheinungen des Nervenlebens, ein Gebiet, das exacter Forschung und wahrer Erkenntnifs um so mehr verschlossen schien, als bis dahin die erlesensten Geister und scharfsinnigsten Köpfe entweder, von der Hoffnungslosigkeit der Aufgabe überzeugt, es nicht gewagt hatten, ihre Kräfte seiner Erschliefsung zu widmen, oder, falls sie es gewagt, doch ganz vergeblich sich bemüht hatten, das herrschende Dunkel zu zerstreuen. Ja, es war durch die berühmten Forscher, an deren Arbeiten du Bois-Reymond selbst unmittelbar anzuknüpfen hatte, die von früher her bestehende Unsicherheit und Verwirrung auf vielen Punkten nur noch gesteigert worden, derart, dafs es besonneneren Denkern nicht zu verargen war, wenn sie jedem neuen Versuch von vornherein mit dem gröfsten Mifstrauen begegneten oder sich gar unwillig von einem Gegenstande abwandten, dessen Verständnifs dem menschlichen Geiste nun doch einmal für immer schien verschlossen bleiben zu sollen.

Wie traurig waren die Hoffnungen zu Grabe getragen, welche sich vor hundert Jahren an Galvani's thierisch-elektrische Versuche geknüpft hatten! Nichts Geringeres als das ganze Geheimnifs des Lebens schien sich damals durch die Entdeckungen des Bologneser Experimentators entschleiern zu wollen. Nerven und Muskeln lebendige Elektricitätsquellen, der alte Traum von der Identität des Nervenprincips und der Elektricität

Wahrheit, die Erklärung der Muskelzuckung aus elektrischer Anziehung in greifbare Nähe gerückt — welch ungeheurer Fortschritt wäre dies gewesen, welche Folgerungen unabsehbarster Tragweite hätten sich an solche Ergebnisse nicht knüpfen müssen!

Man weifs — und Niemand hat dies fesselnder dargestellt als du Bois selbst — wie dieses kühne Gebäude unter Volta's wieder und wieder erneuten Angriffen in Trümmer fiel, so vollständig, dafs es weder Galvani und seinen Schülern, noch selbst unserem Alexander von Humboldt, trotz scharfsinnigster, auch heute noch der strengsten Kritik Stand haltender Versuche, gelang, auch nur die blofse Existenz einer eigenen Muskel- und Nervenelektricität aus dem Zusammenbruch in den Allgemeinbesitz der Wissenschaft hinüber zu retten.

Als dann in den zwanziger Jahren dieses Jahrhunderts die Entdeckung der Wirkung des elektrischen Stroms auf die Magnetnadel der Erforschung elektrischer Vorgänge neue Bahnen eröffnet hatte, und namentlich als es Nobili durch Einführung der Ampère'schen astatischen Doppelnadel in den Schweigger'schen Multiplicator gelungen war, der neuen Methode zum Nachweis elektrischer Ströme eine unerhörte Empfindlichkeit, Sicherheit und Bequemlichkeit zu verleihen, wandte sich das Interesse wieder dem während fast eines Menschenalters vernachlässigten Gebiete zu. Aber auch diesmal schienen die angestrengtesten Bemühungen an der Schwierigkeit des Gegenstandes scheitern und für die Physiologie unfruchtbar bleiben zu sollen.

Nobili selbst, der, einer der Ersten, den Faden wieder aufnahm, gelang es trotz Aufgebots seiner ganzen grofsen Experimentirkunst nicht, elektrische Wirkungen von den Nerven zu erhalten, und die Bedeutung des einzigen Fundes, der ihm glückte und der der Ausgangspunkt von du Bois' unsterblichen Leistungen ward, verkannte er vollständig.

Dieser Fund bestand in der Entdeckung eines am galvanischen Praeparat vorhandenen schwachen elektrischen Stroms, des sogenannten »Froschstroms«, welcher bei Ableitung des Praeparats von Wirbelsäule und Füfsen zum Multiplicator stets so gerichtet war, dafs er im Frosch vom Fufs zum Rumpf hin, bezüglich von den Muskeln zu den Nerven lief. Da Nobili diesen Strom noch bei solchen Praeparaten fand, die auf starke elektrische Ströme nicht mehr mit Zuckung reagirten, hielt er ihn nicht für ein physiologisches, sondern für ein rein physikalisches Phaenomen, und zwar, befangen in seiner Lieblingsidee, dafs alle Ströme thermo-elektrischen Ursprungs seien, suchte

er die Quelle desselben in Temperaturunterschieden der Nerven und Muskeln, welche durch die ungleich schnell von beiden stattfindende Wasserverdunstung erzeugt sein sollten.

Gänzlich ohne Ergebnifs verliefen die Bemühungen Nobili's, vom Gehirn, dem Rückenmark, von Nerven und Muskeln elektromagnetisch nachweisbare Wirkungen zu erhalten. Und ebensowenig gelang dies Experimentatoren wie Prévost und Dumas, Peltier, Pouillet, Person, Theod. Bischoff mit Heermann und Jolly, Longet, Joh. Müller, Ed. Weber, Georg Valentin und, bei den Nerven, Matteucci. Einige entgegenstehende Angaben wie die von David, Folchi, Paccinotti und Puccinotti, Zantedeschi und Flavio konnten auf Fehlerquellen gröbster Art zurückgeführt werden, wie sie nach Volta nicht mehr für möglich hätten gehalten werden sollen.

Ein einziger der genannten Forscher, Carlo Matteucci, gab trotz alledem den Muth nicht auf. Beherrscht von dem Streben, einen Zusammenhang elektrischer Kräfte mit allen möglichen Lebenserscheinungen nachzuweisen, war er seit 1829 damit beschäftigt, die verschiedenartigsten Versuche über den vermutheten Zusammenhang beider anzustellen und seine Resultate in schneller Folge an den verschiedensten Orten zu publiciren. Wie höchst bedenklich auch zum überwiegenden Theile in sachlicher und formeller Beziehung, haben diese Arbeiten doch das Verdienst gehabt, das Interesse für eine fast aufgegebene Sache wach zu halten und neu zu beleben. Dem Pisaner Physiker hat es deshalb, nach du Bois' Worten, die organische Physik zu verdanken, dafs sie endlich zum Bewufstsein des Schatzes kam, der hier zu heben war. Der diesen Schatz heben sollte, war aber nicht Matteucci, sondern Emil du Bois-Reymond.

»Im Frühling 1841«, so erzählt er uns in der Vorrede zu seinen »Untersuchungen über thierische Elektricität«, »übergab mir Herr Johannes Müller Matteucci's ›Essai sur les Phénomènes électriques des Animaux‹ (Paris 1840) mit der Aufforderung, die darin enthaltenen Versuche über den Froschstrom zu wiederholen und womöglich weiter zu führen.«

Es war der entscheidende Augenblick seines Lebens, ein denkwürdiger Tag für die Physiologie. Denn dieser Aufforderung seines grofsen Lehrers entsprang das Werk, das nach Carl Ludwig's Ausspruch »durch Tiefe und Reichthum des Gedankens und durch Umfang der Bemühungen in der physiologischen Literatur den ersten Rang einnehmen dürfte«.

Es würde genügen, die Betrachtung du Bois-Reymond's auf dieses eine Werk zu beschränken. Denn nicht nur sind die »Untersuchungen über thierische Elektricität« der Ausgangspunkt der von ihm begründeten neuen Wissenschaftszweige und damit die wesentliche Grundlage seines Forscherruhmes geworden, sie zeigen uns auch den jungen Gelehrten bereits in der vollen Gröfse seiner vielseitigen Bedeutung, in einer seltenen Vereinigung bewundernswerther Eigenschaften als Denker und Experimentator, als Kritiker und Historiker, als Erfinder und als Darsteller.

Wie das ganze Werk ein grofsartiges, auch heute noch in seiner Art einziges Musterbeispiel der Anwendung exacter, mathematisch-physikalischer Methode auf die Erforschung elementarer Lebensvorgänge, so ist die berühmte Vorrede gleichsam das Programm und das Glaubensbekenntnifs der neuen Schule, welche zu jener Zeit unter der Führung von du Bois-Reymond, Helmholtz, Brücke und Ludwig sich die Herrschaft in der Physiologie eroberte. Das letzte, ideale Ziel dieser neuen Richtung war nach der Definition von du Bois-Reymond eine analytische Mechanik der Lebensvorgänge, eine Zurückführung der Lebenserscheinungen auf Anziehung und Abstofsung der kleinsten Theilchen an der Hand der mathematischen Analyse. Obschon bei der unermefslichen Verwickelung der Lebensvorgänge unsere Methoden wohl nie zu einer solchen Analyse ausreichen würden, sei doch, meint er, die theoretische Möglichkeit derselben und damit die eines wirklichen Verständnisses einleuchtend. Denn da alle Veränderungen in der Körperwelt in unserer Vorstellung auf Bewegungen zurückkämen, alle Bewegungen aber sich schliefslich zerlegen lassen in solche, welche erfolgen nach der zwei vorausgesetzte Stofftheilchen verbindenden Geraden, so müfsten auf solche einfache Bewegungen auch die Vorgänge in den organischen Wesen am Ende zurückführbar sein. Die analytische Mechanik würde also, wenn die Schwierigkeit der Zergliederung unser Vermögen nicht überstiege, nach ihm im Grunde reichen bis zum Problem der persönlichen Freiheit.

In diesen Sätzen ist mit der denkbar gröfsten Schärfe der principielle Gegensatz ausgesprochen zwischen der neuen, seitdem als die mathematisch-physikalische bezeichneten Auffassung und der bis dahin herrschenden dualistisch-vitalistischen Lehre. Der Gegensatz wird noch greller beleuchtet durch die in der Vorrede folgende berühmte Schilderung der Lebenskraft. Niemals zuvor und nachher ist das Haltlose des Vitalismus, so wie er damals in den meisten Köpfen spukte und selbst in Forschern ersten Ranges

wie Justus von Liebig und Johannes Müller Vertreter fand, in ähnlich eindrucksvoller Weise an den Pranger gestellt worden.

Du Bois zeigt, dafs der Vitalismus consequenter Weise nicht eine, sondern unzählige Lebenskräfte annehmen müsse, da es sich ja bei den ihr zugeschriebenen Äufserungen immer um unendlich viele in unendlich vielen Richtungen ausgehende Wirkungen von Stofftheilchen auf Stofftheilchen handele. »Die Materie«, sagt er, »ist nicht wie ein Fuhrwerk, davor die Kräfte, als Pferde, nach Belieben nun angespannt, dann wieder abgeschirrt werden können. Ein Eisentheilchen ist und bleibt zuverlässig ein und dasselbe Ding, gleichviel ob es im Meteorstein den Weltkreis durchzieht, im Dampfwagenrade auf den Schienen dahinschmettert, oder in der Blutzelle durch die Schläfe eines Dichters rinnt.« Von einer Kraft, als einem selbständigen Dinge, welches der Materie gegenüber ein unabhängiges Dasein behaupte, könne überhaupt nicht die Rede sein. Beides seien von verschiedenen Standpunkten aus aufgenommene Abstractionen der Dinge, wie sie sind. »Nur die unerforschliche Zweieinigkeit, in der wir vereint Materie und Kraft erkennen, kann bewegend und bewegt werdend in Wechselwirkung gerathen mit ihres Gleichen, dem gleich Unerforschlichen.« Zudem widerspreche die Lehre von der Lebenskraft in einigen ihrer Hauptzüge, wie in der unbegrenzten Vermehrungsfähigkeit bei der Fortpflanzung, in ihrem spurlosen Verschwinden beim Tode, dem Gesetz der Erhaltung der Kraft, diesem »obersten Führer beim Erforschen des Zusammenhangs der natürlichen Erscheinungen«. Wenn wir die Lebenserscheinungen nicht künstlich nachzuahmen und zu erklären vermögen, »warum soll dies noch an etwas Anderem liegen, als an der grenzenlosen Mannigfaltigkeit, Verwickelung und Verstecktheit« der bei ihnen thätigen Beziehungen zwischen den Stofftheilchen? »Die Physiologen, die sich auf das Dunkel zu berufen pflegen, welches die Gegenstände ihrer Forschung ewig zu umhüllen droht, scheinen zu vergessen, wenn sie sich dessen je bewufst waren, wie nahe die Grenzen unserer Erkenntnifs auch in der Physik und Chemie gezogen sind.« Und was die gerühmte Zweckmäfsigkeit der organischen Natur beträfe, so dürfe man fragen, ob denn die unorganische Natur so unzweckmäfsig eingerichtet sei? »Ist es nicht vortheilhaft, dafs Dank einem System ausgleichender Berichtigungen, dem keine Correctionen an einer Oertling-schen Theilmaschine, kein Siemens'scher Differential-Regulator an Treue und Sicherheit gleichkommen, unser Weltenschiff keine Gefahr läuft in die

Sonne zu stürzen, oder in seinem reifsenden Fluge mit einem ähnlichen Segler zusammen zu stofsen?« »Sollte die Zeit nie kommen, wo sich die Physiologie ein Herz fassen wird, den thönernen Abgott zu zertrümmern, vor dem sie noch immer Opfer bringt? Sollte es nicht angemessen sein, wenn sie endlich, in förmlicher Entsagung, ein für allemal mit der Lebenskraft bräche, wie vor 100 Jahren Gottsched zu Leipzig in feierlicher Handlung den Hanswurst von der Deutschen Schaubühne trieb?«

»Die Physiologie«, so schliefst er, »wird ihr Schicksal erfüllen« und endlich »aufgehen in der grofsen Staateneinheit der theoretischen Naturwissenschaften«. Durch seine Untersuchungen werde, wenn er nicht irre, die Lebenskraft abermals aus einer ihrer Verschanzungen, und zwar nicht der am wenigsten hartnäckigen, vertrieben.

Die Geschichte hat du Bois' Erwartungen insofern nicht getäuscht, als in den biologischen Wissenschaften seitdem die Lebenskraft begraben und die streng mechanisch-causale Auffassung der Lebensvorgänge allgemein als leitendes Princip der Forschung zur Herrschaft gelangt, wenn auch nicht theoretisch als »der Weisheit letzter Schlufs« allgemein anerkannt ist. Die anscheinende Wiederbelebung des Vitalismus in der Physiologie in jüngster Zeit, gegen welche du Bois am Ende seines Lebens von dieser Stelle aus noch seine warnende Stimme erheben zu müssen glaubte, unterscheidet sich, wie mir scheint, dadurch grundsätzlich von der alten Lehre, dafs sie wenigstens die volle Gesetzmäfsigkeit sämmtlicher Naturvorgänge, die unbedingte Herrschaft des Causalitätsgesetzes auch bei den Lebenserscheinungen anerkennt.

Seinerseits aber erlebte du Bois-Reymond auf einem principiellen Punkte, wie er selbst sagt, den Tag von Damascus, insofern er erkannte, was schon Leibniz klar ausgesprochen und durch das berühmte Gleichnifs von der Mühle veranschaulicht hatte, dafs das Bewufstsein, selbst auf niederster Stufe, nie mechanisch erklärt werden könne.

Die Vertiefung der Erkenntnifstheorie, an welcher du Bois selbst in seinen Reden philosophischen Inhalts so thätig mitwirkte, hat der Einsicht Eingang verschafft, dafs das Ziel der Physiologie doch höchstens nur sein kann, die objectiv erkennbaren Bedingungen des Bewufstseins zu erforschen, dafs aber eine einheitliche Erklärung der Naturvorgänge, und demgemäfs eine Erklärung der psychischen Erscheinungen von vornherein ausgeschlossen ist, wenn man, wie es die atomistisch-materialistische Hypothese und auch

die neuere Energetik thut, den letzten Elementen, in welche alles Geschehen sich gedanklich zergliedern läfst, nur Eigenschaften und Veränderungen zuschreibt, die abstrahirt sind aus den an leblosen und lebenden Körpern objectiv wahrnehmbaren Vorgängen.

Auch möchte wohl kaum ein tiefer denkender Naturforscher noch den Muth haben, die völlige Begreiflichkeit der Natur als nothwendige Voraussetzung der theoretischen Naturwissenschaft überhaupt anzuerkennen. Es wird die Existenz und den Werth der Wissenschaft nicht bedrohen und ihrem theoretischen Nutzen — vom praktischen ganz zu schweigen — keinen Abbruch thun, wenn wir uns bescheiden, eine beschränkte Begreiflichkeit, eine Begreiflichkeit innerhalb der beschränkten Grenzen unseres Erkenntnifsvermögens vorauszusetzen und uns damit begnügen, nicht sowohl »das Wesen«, den letzten Urgrund der Naturvorgänge, als den Zusammenhang der Erscheinungen, »die Gesetze der Thatsachen«, zu ermitteln, unbekümmert darum, ob die Grenzen unseres Erkenntnifsvermögens sich in Zukunft wesentlich erweitern und das vielberufene »ignorabimus« Lügen strafen werden oder nicht.

Es wird immer eines der wesentlichen Verdienste von du Bois bleiben, dafs er dem Vitalismus in der Naturwissenschaft definitiv ein Ende bereitet hat, und wir schätzen dies Verdienst darum nicht geringer, weil er dasselbe nicht ausschliefslich für sich in Anspruch nehmen darf. Andere, wie unter den Physiologen namentlich Theodor Schwann, und unter den Philosophen vor Allem Hermann Lotze, hatten schon vorher nachdrücklichst in gleichem Sinne gekämpft. Inzwischen fehlte Schwann die logische Consequenz, da er »die Materie mit ihren Kräften« ausdrücklich auf übernatürlichem Wege geschaffen sein liefs und für den Menschen ein eigenes immaterielles Princip annahm. Er blieb denn auch zeitlebens ein strenggläubiger Katholik und würde, wie ich aus seinem eigenen Munde weifs, selbst das Dogma von der päpstlichen Unfehlbarkeit angenommen haben, wenn das römische Concil von 1870 wirklich ein oekumenisches gewesen wäre, was es nach seiner Überzeugung nicht war. Die Zellentheorie, Schwann's gröfste Leistung, verträgt sich zudem sehr gut mit einer vitalistischen Ansicht, schon aus dem einfachen Grunde, weil viele Organismen dauernd und alle höheren wenigstens Anfangs einfache Zellen sind, die Schwierigkeit also bereits innerhalb der cellularen Vorgänge liegt. Einen principiellen Fortschritt in dieser Hinsicht bedeutet demnach die Zellen-

theorie nicht, wie unermefslich lichtbringend sie auch übrigens in der Biologie gewirkt hat.

Wenn von hervorragender Seite Hermann Lotze kurzweg als derjenige bezeichnet worden ist, der die Lebenskraft beseitigt habe, so mag dies insofern zuzugeben sein, als Lotze das Unzulässige des Vitalismus theoretisch überzeugend dargethan hat. Aber ich bezweifle, ob seine Beweisführung auf die in der Physiologie giltigen Anschauungen einen Einflufs ausgeübt hat, der demjenigen von du Bois ernstlich vergleichbar ist. Einmal war die überwiegende Zahl der Naturforscher jener Tage, durch die offenbaren Thorheiten, zu welchen die deutsche Naturphilosophie und Hegel geführt hatten, aller Philosophie überhaupt abhold wo nicht feindlich geworden, und dann blieb Lotze bei der rein theoretischen Widerlegung stehen. Speculationen und Grundsätze aber, selbst wenn sie noch so neu, richtig und gut sind, üben im Bereich der strengen Wissenschaft erfahrungsgemäfs wenig Wirkung aus, wenn ihnen nicht greifbare Thaten zur Seite gestellt werden. Hätte Julius Robert Mayer zugleich mit seinen tiefsinnigen Speculationen über die Einheit der Naturkräfte und die Erhaltung der Energie sich durch empirische Untersuchungen, durch Entdeckung neuer wichtiger Thatsachen den Ruf eines grofsen Forschers erworben, so hätte man ihm sicherlich die gebührende Beachtung früher geschenkt. Selbst Helmholtz' »Erhaltung der Kraft« entfaltete bekanntlich ihre volle Wirkung erst, nachdem ihr Urheber sich durch eine Reihe glänzender Experimentaluntersuchungen als empirischer Forscher ersten Ranges erwiesen hatte. Und gewifs würde die glänzende Abfertigung der Lebenskraft durch du Bois-Reymond ohne wesentlichen Einflufs geblieben sein, wenn der Vorrede nicht die Untersuchungen mit ihrem überreichen, durch Methode und Thatsachen imponirenden Inhalt gefolgt wären.

Zeit und Ort gestatten nicht, diesen Inhalt so eingehend darzulegen, wie seine Bedeutung dies Fachgenossen gegenüber beanspruchen dürfte. Längst ist der in den »Untersuchungen« niedergelegte Schatz von Erfahrungen und Errungenschaften dem eisernen Bestand der Physiologie einverleibt worden, und das jüngere Geschlecht weifs kaum mehr, welche Kraft, welche Kunst und Ausdauer dazu gehörten, ihn zu heben. Denn nicht nur, dafs die zahllosen wichtigen neuen Thatsachen inzwischen allerseits bestätigt worden sind und weiterer Forschung als sichere Basis gedient haben, du Bois hat zugleich durch die von ihm erfundenen und von ihm allmählich

mehr und mehr vervollkommneten Methoden und Apparate die Beobachtung, Messung und Weiterverfolgung der von ihm entdeckten fundamentalen Thatsachen dermafsen leicht und sicher gemacht, dafs die Versuche auf diesem Gebiet jetzt ebenso bequem und sicher auszuführen sind, wie sie dies vor ihm nicht waren.

Was ihn als Forscher vor fast allen Vorgängern und Zeitgenossen auf seinem Gebiete auszeichnete, war das klare Bewufstsein, dafs nur die Zergliederung der Erscheinungen bis in die erreichbar letzten einfachen Elemente aus der bestehenden Verwirrung retten konnte und dafs dies wiederum nur dadurch zu erreichen war, dafs man, nach dem Beispiele der Physik, auch die Lebenserscheinungen als Functionen verschiedener Variabeln betrachtete und deren Einflufs durch unabhängige Variirung der einzelnen Veränderlichen experimentell nach Art, Sinn und Gröfse ermittelte. Dies war natürlich nicht möglich ohne eine strenge, theoretisch- wie praktisch-physikalische Durchbildung, insbesondere auf dem Gebiet der Elektricitätslehre. Diese eignete sich du Bois zunächst, zugleich mit der genauesten Kenntnifs der Geschichte seines Gegenstandes, an, ehe er mit eigenen Forschungen an's Licht trat. Unterstützt von einem aufsergewöhnlichen mathematisch-physikalischen Talent, kam ihm dabei der Umstand zu Gute, dafs zur Zeit, als er seine Untersuchungen begann, in Berlin neben und mit ihm eine Reihe junger, durch gleiches Streben in Freundschaft verbundener, hervorragend begabter Physiker und Physiologen aufwuchs. Ich nenne nur Helmholtz, Brücke, Karsten, Beetz, Knoblauch, denen sich Wiedemann, Clausius, Kirchhoff, Werner Siemens, Quincke u. A. später anschlossen. Angeregt durch Gustav Magnus vereinigten sich die erstgenannten im Jahre 1843 zur Gründung der physikalischen Gesellschaft, der du Bois bis zu seinem Lebensende, zuletzt als Ehrenpraesident, angehört hat. In dem von der Gesellschaft herausgegebenen kritisch referirenden Organ, den »Fortschritten der Physik« berichtete du Bois eine Reihe von Jahren hindurch über alle neuen Erscheinungen in der Elektrophysiologie und den angrenzenden Gebieten.

So trat er gewappnet und gestählt auf den Kampfplatz. Es war denn auch die höchste Zeit, dafs dem Unfuge und der Unfähigkeit gesteuert ward, die sich inzwischen hier breit zu machen begonnen hatten. Neben Matteucci hatte sich auch G. Valentin an eine Bearbeitung der thierisch-elektrischen Erscheinungen gewagt. Gegen Beider Treiben wen-

dete sich du Bois zunächst mit der schneidigen Schärfe seines kritischen Messers.

Verfolgt man die Art des Schaffens jener beiden, damals weit und breit genannten Schriftsteller, so ganz entgegengesetzt der von reifster Kenntnifs, strengster Methode und unerbittlicher Selbstkritik getragenen Weise du Bois', nimmt man hinzu, dafs der italienische Physiker dem nicht unbegründeten Verdacht unterlag, des jungen Berliner Gelehrten mühsam erworbenes Eigenthum sich widerrechtlich aneignen zu wollen, so versteht man die Heftigkeit, mit der dieser gegen Beide und namentlich gegen Matteucci zu Felde zieht. Man begreift, wie sein, auch in der Kraft des Hasses reformatorischen Geist athmendes Empfinden bei dem wiederholten Vorwurf zu grofser Schärfe seiner Angriffe auf Matteucci schliefslich in den Ausruf ausbricht: »Wie? Mit unbedingter Hingebung widmet man sein Sinnen und Trachten der Wissenschaft und soll nicht zürnen dürfen, wenn jener sie sich zur feilen Dirne auserliest?« »Ich bin mir bewufst, mich vor der kleinsten Frucht des Fleifses mit inniger Hochachtung, vor der leisesten Spur des Talents, wie vor einer Naturerscheinung mit tiefer Ehrfurcht zu beugen. Aber gerade deshalb ist mir das Spiel mit der Maske des Fleifses und des Talents ein doppelt unleidliches, und ich kann es nicht lassen, den Träger zu entlarven, obschon ich weifs, wie leicht dies Thun gehässigen Deutungen unterliegt und obschon ich weifs, wie viel bequemer und auch vornehmer es sein würde, zu schweigen und zu ignoriren, als den Zorn laut werden zu lassen und dreinzuschlagen.«

Man meint den streitbaren Apostel einer Scientia militans zu hören! Wie alle echten Reformatoren fügt er aber alsbald der kritisch zerstörenden die schöpferisch aufbauende That hinzu.

Diese That bestand in dem Nachweis, dafs alle Muskeln und Nerven aller Thiere und des Menschen während des Lebens in gesetzmäfsiger Weise elektrische Wirkungen ausüben, die sich dadurch als echte Lebenserscheinungen erweisen, dafs sie durchaus an die allgemeinen Lebensbedingungen geknüpft sind, also auch mit Vernichtung des Lebens unwiederbringlich verschwinden. Und hierzu fügte er die nicht minder fundamentale Entdeckung, dafs zwischen diesen elektrischen Wirkungen und den specifischen functionellen Lebensäufserungen, der Muskelcontraction und der Nervenerregung, ein absoluter causaler Zusammenhang besteht, in dem Sinne, dafs stets die Contraction wie die Nervenerregung in gesetzmäfsiger Weise mit einer Änderung

der elektromotorischen Thätigkeit der kleinsten lebenden Theilchen verbunden ist.

Der Ausgangspunkt dieser grundlegenden Entdeckungen war, wie schon früher angedeutet, der Nobili'sche Froschstrom. Du Bois führt denselben, indem er zu den histiologischen Elementen des Praeparats herabsteigt, auf seine wahre Quelle zurück. Er weist nach, dafs der Froschstrom keine einheitliche Ursache hat, sondern die zufällige Resultante vieler sich in verwickeltster Weise combinirenden elektromotorischen Wirkungen ist, die der Hauptsache nach von den lebenden Muskelfasern der Thiere ausgehen. Indem er nicht den ganzen Frosch oder das noch immer sehr complicirt gebaute galvanische Praeparat, sondern isolirte Muskeln, ja elementare Muskelfaserbündel der Prüfung unterwirft, findet er, dafs die Sehnenenden der Muskelfasern, der von ihm sogenannte natürliche Querschnitt, sich negativ elektrisch gegen die Längsoberfläche, den natürlichen Längsschnitt, verhält. In demselben Sinn wirkt jeder auf mechanischem, thermischem oder chemischem Wege mit künstlichem Querschnitt versehene lebende Muskel. Ja, zerschneidet man denselben in beliebig kleine Stücke, so wirkt doch jedes kleinste Stück noch nach demselben Gesetz wie der ganze Muskel, gerade so wie ein Stahlmagnet sich in beliebig viele kleine Stücke zerlegen läfst, von denen jedes seinen magnetischen Nord- und Südpol hat.

Genau entsprechendes Verhalten zeigen alle Nerven aller Thiere: jeder irgendwo und irgendwie angelegte Querschnitt ist negativ elektrisch gegen die Längsoberfläche. Diese elektrischen Unterschiede bestehen fort, ganz allmählich abnehmend, bis die Reizbarkeit erloschen ist.

Was schien hiernach erlaubter, als die Vermuthung, es möchte die lebendige Muskel- und Nervenfaser aus allerkleinsten regelmäfsig und gleichsinnig angeordneten Theilchen bestehen, von denen jedes an den den Faserenden zugekehrten Seiten eine negative, an den der Längsoberfläche zugekehrten eine positiv-elektrische Spannung besitze?

So entstand, nach Vorbild der Ampère'schen Theorie des Magneten, die berühmte Molecularhypothese, mit deren Ausbau, Befestigung und Vertheidigung du Bois bis zuletzt unermüdlich beschäftigt war.

Diese Hypothese betrachtet den lebenden Muskel und Nerv als eine bereits im Ruhezustand beständig von elektrischen Strömen durchkreiste Masse. Die elektromotorisch wirksamen Moleküle, innerhalb der Fasern in regelmäfsiger Anordnung in einen feuchten unwirksamen Leiter eingebettet,

erzeugen nach ihr an der Oberfläche des ruhenden Muskels und Nerven beständig elektrische Spannungsunterschiede, welche sich beim Anlegen eines leitenden Bogens in einem anhaltenden elektrischen Strom, dem sogenannten ruhenden Muskel- oder Nervenstrom, verrathen.

Wird der Muskel in Contraction versetzt, bezüglich der Nerv erregt, gleichviel ob auf künstlichem oder auf natürlichem Wege, so nimmt, wie du Bois zeigt, der vorher vorhandene Strom vorübergehend ab, die Magnetnadel führt eine rückläufige Bewegung aus: die sogenannte »negative Schwankung«. Diese Schwankung beruht nicht auf einer mit der Erregung eintretenden Vergröſserung des Leitungswiderstandes, denn compensirt man den Ruhestrom durch einen gleichstarken aber entgegengesetzt gerichteten Strom, so führt die Magnetnadel bei der Reizung eine Schwankung im Sinne des compensirenden Stromes aus. Die durch die praeexistirenden inneren elektromotorischen Kräfte an der Oberfläche der Muskeln oder Nerven erzeugten Spannungsunterschiede müssen also bei der Thätigkeit eine Abnahme erlitten haben, welche ihrerseits auf einer Abnahme der elektromotorischen Kräfte der einzelnen Moleküle oder auf einer Lageänderung der letzteren innerhalb der unwirksamen leitenden Masse beruhen muſs.

Der fundamentalen Bedeutung der hier kurz skizzirten Thatsachen thut es keinen Abbruch, daſs ihre theoretische Auslegung sich geändert hat.

Die jetzt vorherrschende, von L. Hermann begründete und als Alterationstheorie bezeichnete Auffassung ist der du Bois'schen Praeexistenzlehre gerade entgegengesetzt, insofern nach ihr innerhalb der Muskel- und Nervenfasern nicht schon während der Ruhe und im völlig unversehrten Zustand, wohl aber während der Erregung und beim Absterben elektrische Kräfte wirksam sind.

Bei Anwendung der älteren Methoden zur Prüfung des elektrischen Zustandes bloſsgelegter Nerven und Muskeln waren chemische und mechanische Beschädigungen der lebendigen Substanz nicht zu vermeiden. Es hat sich später — und zum Theil schon durch du Bois' eigene Untersuchungen — herausgestellt, daſs bei möglichst vollständiger Ausschlieſsung aller Schädigungen keine irgend nennenswerthen Potentialunterschiede an der Oberfläche ruhender Nerven und Muskeln vorhanden sind. Bei einer Verletzung, etwa durch Ätzung oder Durchschneidung, beginnt aber an der verletzten Stelle augenblicklich ein Zersetzungsproceſs, der allmählich längs der Fasern weiterkriecht und schlieſslich zum Tode des ganzen Ele-

ments führt, falls nicht unter dem Einflufs der Circulation und der Nerven Heilung eintritt. Da, wo dieser Procefs in der lebenden Faser fortschreitet, findet eine Elektricitätsentwickelung statt im Sinne eines innerhalb der Faser in der Richtung des fortschreitenden Absterbens verlaufenden Stromes. Dies ist der jetzt als Demarcationsstrom bezeichnete ruhende Muskel- bezüglich Nervenstrom von du Bois-Reymond. Weiter hat sich gezeigt, dafs bei der Erregung der Muskel- oder Nerveninhalt elektromotorisch wirksam wird im Sinne eines in der Faser von der erregten zur ruhenden Substanz verlaufenden Stromes — des jetzt sogenannten Actionsstromes. Diese Elektricitätsentwickelung pflanzt sich, wie Bernstein in Helmholtz' Laboratorium zeigte, genau wie die physiologische Erregung und mit gleicher Geschwindigkeit wie diese, wellenförmig von der primär erregten Stelle durch die Muskel- und Nervenfaser fort. War ein Ruhestrom da, so wirkt der Actionsstrom diesem entgegen, mufs also eine »negative Schwankung« desselben erzeugen.

Hätte man zur Zeit, da du Bois-Reymond seine Hypothese aufstellte, eine Ahnung gehabt von der Leichtigkeit, mit welcher die scheinbar geringfügigsten Beleidigungen der lebenden Nerven- und Muskelsubstanz in derselben elektromotorische Kräfte hervorrufen, und hätte man damals die Hülfsmittel gehabt, solche Beleidigungen gänzlich auszuschliefsen, so würde die Molecularhypothese schwerlich erfunden worden sein. Sie war zu ihrer Zeit durchaus berechtigt, und es versteht sich leicht, dafs ihr Urheber sie nicht aufzugeben geneigt war, nachdem er sie mit dem ganzen Aufgebot seines aufserordentlichen Scharfsinns und umfassenden Wissens ausgearbeitet, theoretisch und experimentell auf's Eingehendste geprüft und geeignet gefunden hatte, nicht nur fast alle bereits bekannten Thatsachen unter einen sehr einfachen Ausdruck zu bringen, sondern auch neue Erscheinungen vorherzusagen und neuen Befunden sich anzupassen. Er hat denn auch bis zuletzt unermüdlich an der Ausbildung und Vertheidigung seiner Theorie gearbeitet und trat Angriffen auf dieselbe mit um so stolzerem, oft bis zur Schroffheit gesteigertem Selbstgefühl entgegen, als viele der Hülfsmittel und Thatsachen, welche später als wirksame Waffen gegen ihn verwendet wurden, von ihm selbst gefunden und seinen Gegnern gleichsam in die Hand gedrückt worden waren.

Zahllos ist die Fülle weiterer wichtiger Thatsachen und bedeutsamer Aufschlüsse, die du Bois im Verlaufe seiner Untersuchungen über Muskel-

und Nervenelektricität zu Tage förderte. Aus seinem Hauptwerke seien nur hervorgehoben die Abschnitte über die Eigenthümlichkeiten des physiologischen Rheoskops, über elektrische Erregung, im Besonderen über das von ihm aufgestellte »allgemeine Gesetz der Nervenerregung durch den elektrischen Strom«, die Erklärung der secundären Zuckung und des secundären Tetanus, die folgenreiche Entdeckung der Elektrotonusströme und die der elektromotorischen Wirkung der Haut. Weitere grundlegende Arbeiten enthalten die Aufsätze, welche, vereinigt in zwei Bänden, unter dem Titel: »Gesammelte Abhandlungen zur allgemeinen Muskel- und Nervenphysik« (Leipzig I. Bd. 1875, II. Bd. 1877) von ihm herausgegeben wurden. Der erste Band, rein physikalischen Inhalts, bringt u. A. sehr umfassende, experimentelle und theoretische Untersuchungen über Polarisation, über den secundären Widerstand und die kataphorischen Wirkungen des elektrischen Stromes in feuchten, porösen Körpern, und über die aperiodische Bewegung gedämpfter Magnete. Er enthält weiter die Beschreibung, Erklärung und Experimentalkritik vieler von ihm erfundener oder verbesserter Apparate und Methoden zur Untersuchung elektrischer und elektro-physiologischer Vorgänge, wie des Nervenmultiplicators, der Spiegelbussole, der unpolarisirbaren Elektroden, des Schlitteninductionsapparats, des Compensators und Rheochords, des Froschunterbrechers, des Federmyographions und anderer jetzt allgemein verbreiteter Hülfsmittel.

Der zweite Band der »Abhandlungen« beginnt mit der grundlegenden, schon aus dem Jahre 1859 stammenden Arbeit über die Reaction des Muskelfleisches, in welcher das Entstehen einer nicht flüchtigen Säure beim Absterben und bei der Contraction des Muskels nachgewiesen wird. Es folgen neue, höchst eingehende und scharfsinnige, kritisch-experimentelle Untersuchungen über Muskel- und Nervenströme und mehrere Abhandlungen über elektrische Fische, ein Thema, das ihn von jeher im höchsten Grade fesselte. Da er selbst nur selten in die ersehnte Lage kam, lebende elektrische Fische zu untersuchen, veranlafste er talentvolle jüngere Kräfte, zur Ausführung zu bringen, was ihm selbst versagt blieb. So ward auf seine Veranlassung Carl Sachs mit dem Humboldt-Stipendium unserer Akademie abgesandt nach den Steppen Venezuelas, der durch Alexander von Humboldt's Schilderung des Kampfes der Pferde und elektrischen Fische berühmten Heimath der Gymnoten. Tagebücher und Skizzen des bald nach der Rückkehr aus Amerika auf einer Bergbesteigung in Tyrol verunglückten jungen

Forschers wurden von du Bois in einem eigenen Werke (»Dr. Carl Sachs' Untersuchungen am Zitteraal«, Leipzig 1881) veröffentlicht, reichlich vermehrt mit wichtigen Beiträgen von ihm selbst wie auch von Prof. Gustav Fritsch. Des Letzteren ausgedehnte Untersuchungen über die elektrischen Organe fanden in du Bois-Reymond einen eifrigen Förderer; wiederholt übermittelte er deren Ergebnisse unserer Akademie.

Die letzten von du Bois verfafsten und in seinem Archiv für Physiologie veröffentlichten Abhandlungen enthalten namentlich weitere experimentelle und theoretische Untersuchungen über secundär elektromotorische Wirkungen von Muskeln und elektrischen Organen.

Doch es hiefse die Geschichte der gesammten Elektrophysiologie und eines nicht geringen Theils der übrigen Physiologie der letzten 50 Jahre, wie auch der Elektropathologie und wichtiger Hauptstücke der physikalischen Elektricitätslehre schreiben, wenn ich weiter ausführen wollte, was du Bois-Reymond durch seine Forschungen theils selbst geleistet, theils angeregt und zu weiterer Entwickelung veranlafst hat. Selten wohl fand das Dichterwort vom Könige und den Kärrnern eine glänzendere Bestätigung. Hier mufs es genügen, in einigen Hauptzügen der bahnbrechenden, wahrhaft monumentalen wissenschaftlichen Thätigkeit des grofsen Forschers dankbar und ehrfurchtsvoll gedacht zu haben.

Dem Bilde der geistigen Persönlichkeit du Bois-Reymond's würde ein wesentlicher Zug fehlen, wenn wir es unterliefsen, neben dem Naturforscher des Schriftstellers und Redners zu gedenken, der bei ausgedehntester und angespanntester wissenschaftlicher und amtlicher Berufsthätigkeit jahraus jahrein Mufse fand, seinen Geist zu versenken in die höchsten philosophischen Probleme der Natur- und Geisteswissenschaft, in die Geschichte der Civilisation und ihrer Heroen, in die brennenden Fragen der Erziehung und des Unterrichtswesens, in die Vergangenheit und Gegenwart des socialen und politischen Lebens, und dem es gegeben war, die Früchte dieser Studien weiteren Kreisen durch Wort und Schrift mitzutheilen in einer Weise, die in der Litteratur aller Zeiten und aller Nationen ihres Gleichen sucht. In zwei mäfsig umfangreichen, aber inhaltschweren Bänden sind die bis zum Jahre 1887 gehaltenen Reden und Vorträge vereinigt. Die meisten derselben wurden in festlichen Sitzungen unserer Akademie, die übrigen bei anderen hervorragenden Gelegenheiten ausgesprochen. Es sind fast durchgängig Gelegenheitsreden im höchsten Sinne. Wahl und

Behandlung des Stoffs stehen in engster Beziehung zur Art der veranlassenden Umstände. Eingehendster eigener Forschung entprungen und mit höchster Meisterschaft ausgefeilt, sind sie ausnahmslos von bleibendem Werthe für die Geschichte der behandelten Gegenstände und zugleich an und für sich Kunstwerke von seltener Vollendung. Gleichviel, ob er uns in einer Gedächtnifsrede das Leben und Wirken von Joh. Müller oder H. Helmholtz vor Augen führt, in einer Friedrichs-Sitzung den Philosophen von Sanssouci in seinen Beziehungen zur bildenden Kunst, zur Akademie, zu Voltaire und Jean Jacques Rousseau, zu La Mettrie und Maupertuis, zu Diderot und den Encyklopaedisten oder die Berliner Französische Colonie in der Akademie schildert, oder ob er in einer Leibniz-Sitzung der Lösung der Welträthsel, ein ander Mal Leibniz'schen Gedanken in der neueren Naturwissenschaft nachgeht, oder Darwin's mechanische Erklärung der Zweckmäfsigkeit der organischen Natur gegen Galiani auf's Schild erhebt, ob er vor den versammelten deutschen Naturforschern über die Grenzen des Naturerkennens, vor den Zöglingen der Kaiser Wilhelm-Akademie über die Übung, vor einem Kreise gebildeter Laien über Culturgeschichte und Naturwissenschaft, oder in der Aula der Alma mater über die Humboldt-Denkmäler, über Goethe oder den deutschen Krieg redet — gleichviel, er zeigt sich stets in der sachlichen wie in der formellen Beherrschung seines Stoffes als Meister. Giebt schon die Verschiedenartigkeit der behandelten Gegenstände ein Bild von seiner aufserordentlichen Vielseitigkeit auch auf nicht naturwissenschaftlichem Gebiete, so erstaunt man beim näheren Einblick immer auf's Neue über den ungeheuren Umfang und die Gründlichkeit seines Wissens wie über die aus diesem Wissen hervorquellende Fülle anregender Gedanken. Dabei bewegt er sich in dem schweren Panzer seiner Gelehrsamkeit mit einer spielenden Leichtigkeit. Die erhabene Würde des hohen Pathos, das jugendliche Feuer idealer Begeisterung, der hinreifsende Schwung einer bilderreichen Phantasie stehen seiner Sprache zu Gebote, wie die beifsende Schärfe der Ironie, die bestrickende Gracie der Causerie und die ruhige Klarheit philosophischer Betrachtung. Kein Satz, kein Wort zu viel, jeder Ausdruck, jede Wendung auf's Sorgfältigste erwogen und harmonisch eingefügt, das Ganze nach Inhalt und Form stets völlig ausgereift.

Es hat Manchen befremdet, dafs ein so umfassender productiver Geist wie du Bois, von vielseitigster Begabung, durchdringendem Verstande,

unvergleichlichem Gedächtnifs, lebhafter Phantasie, eisernem Fleifs, von Jugend auf allen grofsen allgemeinen Problemen mit leidenschaftlichem Interesse zugewandt, sich in seiner Fachwissenschaft auf ein einziges dem Laien eng erscheinendes Gebiet, die Elektrophysiologie, beschränkte, sich hier in tiefste Tiefen versenkte mit einer Ausdauer und einer Hingebung, als ob es aufserdem in der Physiologie nichts gäbe, was zu erforschen und zu entdecken der Mühe lohnte. Mir scheint dies Befremden nicht gerechtfertigt. Ohne Zweifel war, wenn hier von Beschränkung die Rede sein darf, diese Beschränkung tief in seiner Natur begründet und durchaus bewufst und beabsichtigt. Es wäre ihm bei seinen Gaben ein Leichtes gewesen, auch auf anderen Gebieten der Physiologie reiche Früchte zu ernten. An vielen wichtigen Fragen ging er vorüber, nicht ohne werthvolle Winke, wie sie wohl zu lösen sein würden; oft lag die Antwort zum Greifen nahe, aber er überliefs es Andern, den angedeuteten Schatz zu bergen. Im kleinsten Punkte die gröfste Kraft zu sammeln, nicht zu ruhen bis die Grenze des Erreichbaren auch wirklich erreicht war, das entsprach seiner tiefen Ehrfurcht vor der Aufgabe der Wissenschaft mehr, als ein bewegliches in die Breite gehen, bei dem doch wesentlich nur die Oberfläche berührt werden kann.

Die Bedingungen der Lebenserscheinungen sind so zahlreich und verwickelt, dafs der Forscher auch beim scheinbar einfachsten Problem stets der Gefahr grober Irrung ausgesetzt ist, sobald er sich auf eine geringe Zahl von Beobachtungen und Versuchen beschränkt. Jeder Tag fast bringt Beispiele von »Entdeckungen«, die bei gründlicher Nachprüfung sich als Irrthümer erweisen und deren Beseitigung leider meist viel mehr Zeit und Mühe erfordert, als die sorgfältige Ermittelung des Sachverhalts gleich im Anfange gekostet haben würde. Da nicht alle Angaben sofort auf ihre Richtigkeit geprüft werden können, viele auch — namentlich wenn sie herrschenden Ansichten das Wort reden — ohne Weiteres auf Treu und Glauben angenommen werden, so wird es immer im Gebäude der Wissenschaft schadhafte, schwache Stellen geben, an denen ein Abbröckeln, wo nicht ein Einsturz zu fürchten ist. Solch luftige Art des Bauens war du Bois verhafst, in dem Grade, dafs er den orientirenden und befruchtenden Einflufs, den eine weniger in die Tiefe als mit raschem Überblick in die Weite gehende Forschungsweise ausüben kann, wohl unterschätzte und sich gelegentlich hinreifsen liefs, sogar Fachgenossen, die sich schon als Meister

gewissenhaftester Einzelforschung bewährt hatten, auf's Schärfste entgegenzu treten, wo er sie in wichtigen Fragen auf jenem, nach seiner Meinung den sicheren Fortschritt der Wissenschaft gefährdenden Wege fand.

Die letzte Quelle von dem Allen war aber doch nur das starke, ja leidenschaftliche Pflichtgefühl, die hohe, ideale Auffassung seiner Aufgabe, welche ihn auch in allen anderen Beziehungen seines Lebens und Wirkens, als Lehrer, als Leiter seines Instituts und nicht am wenigsten in seiner Stellung an dieser Akademie auszeichnete. Es giebt kein höheres Lob als dieses, dafs er die grofsen ihm von der Natur verliehenen Gaben zeitlebens mit Einsetzung seiner ganzen Kraft zu entwickeln und für ideale Zwecke zu gebrauchen sich bemühte. Grofs wird darum sein Name für alle Zeiten in der Geschichte der Wissenschaften und in den Annalen dieser Akademie dastehen.

Gedächtnifsrede auf Wilhelm Wattenbach.

Von

H[rn.] ERNST DÜMMLER.

Gehalten in der öffentlichen Sitzung am 30. Juni 1898
[Sitzungsberichte St. XXXIII. S. 441].
Zum Druck eingereicht am gleichen Tage, ausgegeben am 8. Juli 1898.

Nachdem wir vor Jahresfrist Ernst Curtius an dieser Stätte betrauert haben, gilt heute unser Gedenken einem seiner ältesten Schul- und Jugendfreunde, Wattenbach, der ihm immerdar eng verbunden blieb. Einfach und schlicht, wie sein Leben dahinflofs, möge auch meine Rede lauten, der ich ihm und seinen Arbeiten durch mehr denn 40 Jahre nahe gestanden habe. Geht doch durch sein reiches und fruchtbares Wirken ein Zug der Entsagung, da es zum guten Theile sich ergänzend und fortbildend den Unternehmungen Andrer anschlofs und in strenger Sachlichkeit das eigene Ich zurücktreten liefs; freilich ist eben die geschichtliche Forschung mehr als andre Fächer auf das unmittelbare Zusammengreifen Vieler angewiesen.

Wilhelm Wattenbach wurde am 22. September 1819 zu Ranzau in Holstein geboren, dem Sitze seines mütterlichen Grofsvaters August von Hennings, als dänischen Administrators der Grafschaft, eines hochgebildeten, ebenso im praktischen Staatsdienst wie in der Litteratur vielfach thätigen Mannes. Sein Vater Paul Christian Wattenbach, der als Sprofs einer Pastorenfamilie zuerst Theologie, dann Naturwissenschaften studirt hatte, gieng später zum Kaufmannstande über und starb in diesem frühzeitig (1824) in Hamburg. Auch er war eine geistig angeregte Natur, in seinen jungen Jahren mit Alexander von Humboldt befreundet. Von väterlicher Seite demnach Hanseat, betrachtete sich Wattenbach doch noch lieber als Schleswig-Holsteiner, wie er denn einen Theil seiner Jugend zu Rundhof in Angeln bei einem Oheim verlebte und die mütterliche Familie unstreitig seine Entwickelung stärker beeinflufste.

Die Schule allerdings führte ihn wieder in eine Hansastadt: von 1832 an besuchte er das Catharineum in Lübeck, welches unter der Leitung des Directors Friedr. Jacob vorzugsweise ein Sitz der classischen Studien war,

so einseitig, dafs dadurch Werner von Siemens als Schüler dieser Anstalt bei seiner ganz andern Geistesrichtung sich davon abgestofsen fühlte. Um so anziehender aber wirkte dieser classische Geist auf Wattenbach, als der hervorragendste Lehrer des Gymnasiums, der treffliche Joh. Classen sehr bald (Ostern 1834) sein Schwager und väterlicher Freund wurde. Zu seinen ausgezeichneten Mitschülern gehörten aufser den Gebrüdern Curtius, von denen Georg ihm im Alter näher stand, Classen's Zögling Marcus von Niebuhr, der spätere Minister Krüger, der Dichter Emanuel Geibel, Litzmann, Mantels.

Nach einem kurzen Besuche des sogenannten akademischen Gymnasiums seiner Vaterstadt Hamburg bezog Wattenbach im Herbste 1837 die Universität Bonn, um die classischen Studien der Schule in gleichem Sinne fortzusetzen. Von hier, wo ihm Welcker die Mythologie und Kunstgeschichte erschlofs, Lassen ihn zur Sprachvergleichung anregte, gieng er dann nach Göttingen und hörte dort Karl Otfrid Müller's letzte Vorlesung über Archaeologie, bevor dieser seine verhängnifsvolle Reise nach Griechenland antrat. Berlin brachte den Abschlufs dieser Studien und (am 20. Juli 1842) durch Ranke als Decan die Promotion mit einer Abhandlung über die Herrschaft der 400 in Athen, deren Gegenstand ihm einst von K. O. Müller empfohlen worden war. Diese von den Männern des Faches noch jetzt geschätzte Schrift bekundet Droysen gegenüber eine selbständige Auffassung der Dinge. Bis hieher ganz der philologischen Richtung seiner Jugendjahre getreu legte Wattenbach in diesem Sinne auch unter Meinecke sein Probejahr am Joachimsthal ab.

Schon aber machten sich stärkere Einflüsse geltend, die ihm eine andre Bahn wiesen. Eine Vorlesung Ranke's hatte bereits in seinem letzten Semester grofsen Eindruck auf ihn gemacht, dazu kam die persönliche Bekanntschaft mit Pertz und mit Georg Waitz, welche beide das Jahr 1842 aus Hannover nach Berlin geführt hatte, jenen als Oberbibliothekar der Königl. Bibliothek, diesen als Mitarbeiter der Monumenta Germaniae, jedoch nur noch für kurze Frist, da er schon zum October 1842 einem Rufe nach Kiel folgen und seine ständige Mitwirkung aufgeben wollte. Die Empfehlung von Waitz und eine Zusage von Pertz bewogen Wattenbach, sich seit dem Herbst 1842 den mittelalterlichen Studien zuzuwenden, für welche er nunmehr auch noch in Ranke's Seminar eintrat, wo damals Sallust gelesen wurde, und er eine Arbeit über Conrad den Salier verfafste. Schon

thaten sich gerade auch die Pforten der Akademie diesem neuen, nicht von ihr ausgehenden Arbeitsfelde auf, indem sie 1843 Georg Heinrich Pertz unter ihre ordentlichen Mitglieder aufnahm.

Gleichzeitig mit dem nicht eben drückenden Probejahr am Gymnasium lief auch die Probezeit für die Monumenta ab. Bei damals völlig unzureichenden Hülfsmitteln bahnte Wattenbach sich selbständig den Weg durch emsiges Abschreiben von Urkunden, zumal schadhaften und schlecht überlieferten, die seinen Scharfblick besonders reizten, und erwarb eine, von Andern selten erreichte, oft bewunderte Sicherheit im Lesen der schwierigsten Pergamente. Daneben übergab ihm Pertz eine der vielen Handschriften des Briefstellers Petrus de Vinea (Lat. fol. 188) zur Bearbeitung. So trat er wohl vorbereitet im October 1843 (mit einem Gehalte von 450 Thalern, später 500, das nach der Habilitation auf 300 Thaler herabgesetzt wurde) als Mitarbeiter ein und schied damit für immer aus der Lehrerlaufbahn aus. Seine Begeisterung für die neue Thätigkeit wurde dadurch auf eine harte Probe gestellt, dafs er mit dem umfänglichen Register — es füllte 63 dreispaltige Folioseiten — zu dem von Andern bearbeiteten sechsten Bande der Geschichtschreiber beginnen musste, welches er in musterhafter Weise ausführte. Auch später hatte er noch öfter das Gefühl, »eine Art Handlangerdienst« zu leisten, und vermisste die eigene schaffende Thätigkeit.

Dafs ein strebender Geist sich damals von den Alten hinweg dem Mittelalter zuwandte, kann nicht unnatürlich erscheinen. »Durch den Umfang der Räume«, so schrieb Welcker seinem früheren Schüler, »die Gröfse der Massen, der Begebenheiten und nicht selten auch der Personen hat die mittelalterliche Geschichte bei aller Rauhheit der Zeiten und der Länder doch einen grofsen Reiz, und ich denke, dafs darin, wenn man die an dem kleinen Griechenland geübte Genauigkeit und Forschungsliebe anwendet, noch sehr viel zu finden und zu thun ist. Im Alterthum ist man oft zu sehr auf das Ährenlesen oder auf das letzte Durchsieben der Materialien angewiesen. Allzu viel und allzu Kleines muss man hier zusammenbringen, um den Umfang unserer Kenntnifs nur ein wenig zu erweitern, dort ist noch mehr im Grofsen aufzuräumen und zu bauen.« So warf sich denn Wattenbach »mit Eifer und grofsem Genufs«, wie er selbst sagt, auf die Geschichtsquellen des Mittelalters und fand sie »durch die originelle Behandlung der Sprache, kräftige Darstellung und Schilderung

von Begebenheiten, die sie selbst als handelnde Personen durchlebten, höchst anziehend«.

Der neuen Aufgabe brachte Wattenbach in seiner gründlichen philologischen Vorbildung, in welcher er alle seine Mitstrebenden übertraf, ein überaus werthvolles Angebinde zu. Denn war der Zweck der grofsen Quellensammlung auch ein im weitesten Sinne historischer, ihre Technik, ihre wissenschaftliche Herstellung mufste eine rein philologische sein. Über die Knappheit der auf das Nöthigste sich beschränkenden Vorreden von Pertz waren Lappenberg, Waitz und Bethmann schon zu eingehenden litterarhistorischen Untersuchungen über die einzelnen Quellen fortgeschritten, in ihre Fufstapfen trat Wattenbach. Pertz aber, der grofse Organisator des Ganzen, übte eine völlig monarchische Leitung, damals auf der Höhe seines Ruhmes und noch ganz dem gewaltigen Unternehmen hingegeben, welches seinen Namen begründet hatte. Wattenbach's Einvernehmen mit ihm war das beste, ihr Verhältnifs das vertrauensvollste — »unser kleiner Staat«, so sagt er selbst, »gehört zu den patriarchalisch regierten, ständische Rechte haben wir nicht« — und bald wurde ihm nach jenem Register die umfängliche Chronik des ehrwürdigen Klosters Monte Cassino anvertraut, die, von zwei Verfassern ungleichen Werthes herrührend, in ihrem älteren Theile mehrfach überarbeitet, eine philologisch interessante Aufgabe darstellte, die in vortrefflicher Weise gelöst wurde.

So finden wir Wattenbach nun 12 Jahre hindurch als Mitarbeiter unausgesetzt thätig, zuerst neben Bethmann, Köpke, Roger Wilmans, später neben Abel und Merkel: seine Ausgaben können auch den in mancher Hinsicht gesteigerten Ansprüchen der Gegenwart gegenüber noch vollkommen bestehen und bezeichnen einen Höhepunkt unter den älteren. Was er und was die andern Mitarbeiter schufen, hat aber über den unmittelbar wissenschaftlichen Zweck hinaus eine andre höhere Bedeutung. Es ist die, dafs in den Monumenten über die Gefahren hinweg, von denen auch noch in unseren Tagen handschriftliche Schätze unablässig bedroht werden, die Denkmäler unserer Vorzeit in gereinigter und gesicherter Gestalt durch den Druck der Nachwelt gerettet werden sollen. Hiebei handelt es sich also um die Festigung der unverrückbaren Grundlagen aller Geschichtsforschung, und das patriotische Gefühl, welches darin seine Befriedigung findet, vermag allein über die dafür erforderliche Selbstverleugnung und über die mangelnde Anerkennung zu trösten, da es so viel dankbarere und oft auch leichtere

Kränze zu erringen gäbe, Kränze freilich, die auch rascher verwehen als dies Werk von Geschlechtern.

Der Auftrag, die österreichischen Klosterchroniken herauszugeben, welche vom 11. bis in das 16. Jahrhundert zu den werthvollsten Zeugnissen der farbenreichen Vergangenheit ihres Landes gehören, erforderte indessen eine Reise nach Österreich, die, reich an vielfachen Früchten, mit Unterbrechung von einigen Monaten in den Jahren 1847 bis 1849 ausgeführt wurde und namentlich durch den damit verbundenen Besuch der wichtigeren Stifter dem Herausgeber ein noch erhaltenes Stück Mittelalter gleichsam leibhaftig vor Augen führte. In dem letzten Vortrage, den Wattenbach in unserer Mitte hielt, erneuerte er noch nach 50 Jahren die Erinnerung an das gastliche Admunt in den öden steirischen Alpen.

Ebenso sehr aber versetzte ihn diese Reise, nachdem ihn eben noch das vormärzliche Österreich Metternich's umgeben hatte, in die politische Umwälzung des Jahres 1848. Einige Tage betheiligte er sich sogar mit der Muskete in der Hand an dem Wachtdienst der Studenten zur Beruhigung der Stadt Wien, und mit dem Altonaer Mercur correspondirte er eifrig über die österreichischen Verhältnisse, aber die Versuchung zu politischer Thätigkeit wurde rasch überwunden, sie entsprach nicht seiner Natur.

Diese Erlebnisse konnten nicht ohne lebhafte Einwirkung an ihm vorübergehen: angesichts der gutartigen, gutherzigen Bevölkerung Wiens, welche ohne Groll das drückende und verhafste Joch abschüttelte, wurde Wattenbach von dem demokratischen Geist dieser Tage stärker als manche seiner alten Freunde im Norden ergriffen, aber er lernte auch die unversöhnlichen innern Gegensätze des Kaiserstaates kennen, welche seitdem bis auf den heutigen Tag dieselben geblieben sind, und er trat in enge persönliche Beziehung zu den Siebenbürger Sachsen, die sich schon damals in ihrem nationalen Wesen schwer bedroht fühlten. Hieraus entsprang nachmals sein eifriges Eintreten für die Sache des deutschen Schulvereins.

Als nach gewaltsamer Herstellung des innern Friedens der Cultusminister Graf Leo Thun das schwere Werk unternahm und durchführte, das ganz verrottete österreichische Schulwesen, und besonders auch die Hochschulen, nach deutschem Muster umzugestalten und zu verjüngen, lenkten sich seine Blicke auch auf den jungen Gelehrten, der im Begriffe stand, durch die Herausgabe der Annales Austriae der österreichischen Geschichte einen unvergleichlichen Dienst zu leisten, doch die hieran geknüpften Erwartungen,

die besonders Ende 1849 bis zu einer Zusage gediehen waren, versanken schliefslich in Nichts. Ein an die Professur für Hülfswissenschaften sich anlehnendes Institut für österreichische Geschichtsforschung wurde erst mehrere Jahre später unter Sickel in's Leben gerufen. Die noch einige Zeit fortglimmende Hoffnung auf Österreich, sowie eine besondere Vorliebe für dasselbe, veranlafste Wattenbach zu manchen Arbeiten in dieser Richtung, wozu namentlich die Untersuchung über das Zeitalter des h. Rupert, des Apostels von Salzburg, gehört und über die österreichischen Freiheitsbriefe, letztere zumal ein Muster methodischen Scharfsinnes und unschätzbar für die deutsche Rechtsgeschichte. Schon vorher führte die Entdeckung eines wichtigen päpstlichen Schreibens über die Angelegenheit des h. Methodius zu einer für viele weitere Forschungen anregenden Schrift.

Das Scheitern dieser Pläne und das Bedürfnifs, endlich eine feste Lebensstellung zu gewinnen, trieb im Jahre 1851 zur Habilitation in Berlin — die erste Vorlesung wurde am 2. Mai vor sechs Zuhörern gehalten —, die Lehrthätigkeit entwickelte sich naturgemäfs aus den bisher gepflegten Studien über die deutschen Geschichtschreiber des Mittelalters und über die griechische und lateinische Handschriftenkunde, denn er war der Meinung, dafs beide Schriften eng verbunden werden müfsten. Der Vortrag war von vornherein ganz frei und es bildete sich bald ein enger persönlicher Verkehr mit den Zuhörern, wie er im damaligen Berlin vor der Begründung der meisten Seminare noch ungewöhnlich war. Unablässig setzte sich daneben die Arbeit an den Monumenten fort, welche im Einzelnen zu verfolgen uns hier viel zu weit führen würde. Aufser den Ausgaben übertrug Pertz ihm auch manche von den Übersetzungen in der Sammlung der »Geschichtschreiber der deutschen Vorzeit«, deren Leitung er später selbst übernahm. Diese durchaus wissenschaftliche und keineswegs mühelose Arbeit entsprach zwar dem auf weitere Verbreitung unserer alten Geschichtschreiber gerichteten Vermächtnifs Stein's, fand aber im gröfseren Publicum nicht ganz die gehoffte Aufnahme.

Nach manchen fehlgeschlagenen Hoffnungen, wozu sogar 1854 die auf die Archivarstelle in Lübeck zählte, erlöste Wattenbach aus dieser Zeit des Privatdocentenstandes, die reich an Enttäuschungen zu sein pflegt, im Jahre 1855 ein Ruf nach Breslau, den Hr. von Lancizolle an ihn richtete. Als Nachfolger des hochverdienten Stenzel sollte er Provinzialarchivar für Schlesien werden. So folgte ein neuer siebenjähriger Lebensabschnitt in

Breslau, welcher in der Amtswohnung des Ständehauses mit den beiden älteren unverheirathet gebliebenen Schwestern, der geistvollen Sophie und der anmuthigen Cäcilie, auch ein Familienleben gestattete. Wenn Wattenbach hier seinen amtlichen Pflichten mit dem gröfsten Eifer nachkam und die ihm anvertrauten Schätze, unter denen er entsetzlich aufzuräumen fand, der Benutzung so viel wie möglich zugänglich zu machen suchte, so litten diese Bestrebungen unter der Ungunst der Verhältnisse, der Kärglichkeit der Mittel, dem Mangel eines brauchbaren Gehülfen, ja auch nur eines Dieners, Umstände, die alle erst in späterer Zeit sich geändert haben. Dagegen mufste es allerdings als ein besonderer Vorzug für die wissenschaftliche Ausbeutung dieses Archivs erscheinen, dafs es sich an dem Sitze der Universität befand, während es wohl nichts unzweckmäfsigeres geben kann, als Archive in Städten, wie Magdeburg oder Stettin, unterzubringen.

Trotz jener Schwierigkeiten war Wattenbach's Wirksamkeit in Breslau eine epochemachende durch den Aufschwung, welchen er dem Vereine für schlesische Geschichte zur Herausgabe der Quellen gab. Gerade nach dem Vorbilde Schlesiens ist es mehr und mehr zur allgemeinen Überzeugung und zur That geworden, dafs die vom Reiche ausgehende, in den Monumenta Germaniae gipfelnde Thätigkeit für die allgemeine deutsche Geschichte durch die Bearbeitung der Quellen der einzelnen Landschaften ergänzt und gleichsam weiter geleitet werden müsse. Sogenannte Commissionen, an die alten Geschichtsvereine als Erweiterung sich anschliefsend, haben jetzt überall diese Aufgabe emsig in die Hand genommen. Man denke nicht gering von diesen öden, massenhaft aufgespeicherten Urkunden und Acten des späteren Mittelalters: sie liefern u. A. das werthvollste Material für die sogenannte Wirthschaftsgeschichte, die ich zwar nicht als die höchste Blüthe historischer Erkenntniss, aber doch als eine wichtige Vorbedingung auch für die politische Geschichte gelten lassen kann.

Wattenbach aber liefs nicht nur mit gewohnter Gewissenhaftigkeit Urkunden und Briefe abdrucken, er erhellte auch die Geschichte der Provinz durch vielfache kleinere Untersuchungen in der neu begründeten Zeitschrift für schlesische Geschichte und gab damit die nachhaltigste Anregung, obgleich ihm dies Gebiet früher völlig fern gelegen hatte. Er erwarb für diese Studien sogar die Kenntnifs der tschechischen Sprache und schien ganz zum Schlesier geworden zu sein, wie denn äufsere Einflüsse bei seiner

empfänglichen, etwas weiblichen Natur stärker als bei Andern in's Gewicht fielen.

Indessen galt doch seine gerade in dieser Zeit besonders gesteigerte Arbeitskraft keineswegs blofs der Provinzialgeschichte. Abgesehen davon, dafs eine Reihe früher für die Monumenta Germaniae übernommenen Ausgaben erst hier zum Abschlufs gelangte, so vollendete er auch in Breslau die (seit 1852 begonnene) Lösung einer von der philosophisch-historischen Classe der Gelehrten Gesellschaft in Göttingen 1853 gestellten Preisaufgabe, welche »eine kritische Geschichte der Historiographie bei den Deutschen bis zur Mitte des 13. Jahrhunderts« forderte. Der Preis von 50 Ducaten wurde im Jahre 1856 Wattenbach als einzigem Bewerber zu Theil und 1858 erschienen zum ersten Male die Geschichtsquellen Deutschlands im Mittelalter im Buchhandel. Die Gesellschaft hatte ein Stück Litteraturgeschichte gewünscht, die fortschreitende Entwickelung der deutschen Geschichtschreibung in dieser Periode, wie es Waitz einst selbst als Ziel vorgeschwebt hatte. Wattenbach, indem er sich ganz dem Plane seiner früheren Vorlesungen anschlofs, gab in gewisser Weise mehr: eine die Grenzen des Reiches vielfach überschreitende Quellenkunde, welche sich keineswegs auf die Geschichtschreiber beschränkte, sondern mit Ausschlufs der Urkunden und der Rechtsquellen, welche gesonderte Behandlung erheischen, alles Übrige zusammenfafste. Das etwas schulmeisterliche Urtheil von Waitz zeigte den innern Zwiespalt zwischen der Aufgabe und ihrer Lösung.

Wattenbach's Buch, in welchem trotz seines gelehrten Charakters der meist wohl gelungene Versuch einer lesbaren und geschmackvollen Darstellung und oft treffenden Charakteristik gemacht worden war, behielt auch mit vollem Recht in den weiteren Auflagen sein ursprüngliches Gepräge, es ordnete und klärte unendlichen Wust, befreite von irreführenden Fälschungen und, ausgehend von einer innigen Vertrautheit mit dem Geiste des Mittelalters, dem der Verfasser frei, doch mit feinem Verständnifs gegenüberstand, verbreitete es über das wissenschaftliche Schaffen desselben im Ganzen, und zumal über das gelehrte Schulwesen, mannigfache Beleuchtung. So hat es sich als ein unentbehrliches Handbuch, als ein Wegweiser durch das Labyrinth der Quellenschriften, für Alle eingebürgert, die sich den mittelalterlichen Studien widmen wollen. Den Segen, den wir ihm verdanken, vermag nur zu ermessen, wer ohne dies Buch angefangen hat zu arbeiten.

Keine der andern Nationen hat ein ähnliches Hülfsmittel aufzuweisen. Aus der Anregung, die es gab, ist auch die verdienstvolle Fortsetzung von Lorenz für das spätere Mittelalter entsprungen.

Wie hier der Ertrag, die Ernte gleichsam, niedergelegt war, welche die Monumenta Germaniae bis dahin für die Wissenschaft gezeitigt hatten, so war Wattenbach unermüdlich bemüht in den folgenden Auflagen bis zur sechsten die Ergebnisse der zahlreichen Quellenuntersuchungen der Waitzschen Schule zu buchen, so oft auch die eine derselben von der andern wieder umgestofsen wurde. Es war die Zeit, wo es Regel zu sein schien, wie es Roscher einmal ausspricht, durch das Mittelalter, das eine propaedeutische Stellung einnahm, den Zugang zu selbständiger Quellenforschung zu finden. Die grofsen und folgenreichen Verdienste dieser Methode, welche Wattenbach's Buch doch auch wesentlich förderte, werden dadurch nicht aufgehoben oder ersetzt, dafs es jetzt vielfach anders geworden ist.

Aus der provinziellen Enge Schlesiens kehrte Wattenbach im Jahre 1862 nicht ohne Bangen zu der einst ungern geopferten akademischen Thätigkeit zurück, indem er einem Rufe nach Heidelberg folgte, um an Kortüm's († 1861) Stelle Häufser's College zu werden. Auf die Ergänzung des Letzteren angewiesen, an dessen Platz später H. von Treitschke trat, las er nicht blofs Mittelalter, sondern die ihm etwas ferner liegende morgenländisch-griechische Geschichte des Alterthums, an einem Orte, an welchem man von jeher mehr gewöhnt war, die Geschichte als allgemeines Bildungsmittel und nicht für wissenschaftliche Studien im engeren Sinne zu hören.

Hatten die Beziehungen zu Pertz allmählich durch die neue akademische Wirksamkeit ihren Abschlufs gefunden, wenn auch nur vorübergehend, so trat jetzt besonders auch die Palaeographie in den Vordergrund. Auf kurz gefafste, praktische Anleitungen und Schrifttafeln folgte 1871 Wattenbach's zweites bedeutendstes Werk »Das Schriftwesen im Mittelalter«, eine auf der reichhaltigsten Übung und Erfahrung in Handschriften beruhende historisch-antiquarische Bearbeitung des gesammten Stoffes, ein wahres Stück Culturgeschichte, ebenfalls in weiteren Auflagen (bis 1896) auf das Sorgfältigste vervollständigt. Zur richtigen Würdigung des Stoffes ist nicht zu übersehen, dafs das Abfassen eines Buches und das Schreiben, die geistige und die mechanische Thätigkeit, die oft genug in eine künstlerische übergieng, im Mittelalter in einem innigeren Zusammenhange mit einander standen als heutzutage.

Die vielen kleineren Veröffentlichungen, die sowohl in Heidelberg wie auch weiterhin neben jenen grofsen Arbeiten beständig einher giengen, wiesen die Forschung in verschiedene neue Bahnen. Sie berührten unter anderen die Formelbücher und Briefsammlungen des späteren Mittelalters, auf welche namentlich die Beschäftigung mit der schlesischen Geschichte hingeführt hatte, in ihrer Mischung von wahren und falschen, verkürzten und überarbeiteten Actenstücken stellen sie der Kritik sehr verwickelte Aufgaben. Die Herausgabe mannigfacher kleiner, zumal satirischer Gedichte, geistlicher Spiele, oft in sehr zerrütteter Gestalt überliefert, liefs uns im Spiegel die Stimmung gewisser geistlicher Kreise sehen und einen tiefen Einblick in die geistigen Strömungen der Zeit thun. Hiezu gesellten sich später fast ganz unbekannte norddeutsche Ketzeracten. Nicht minder wichtig und anregend waren neue Entdeckungen über die noch so wenig gekannten Anfänge des deutschen Humanismus aus der Zeit vor Reuchlin und Erasmus.

Dem schönen Neckarstrande und dem heiteren Heidelberger Leben wurde Wattenbach 1873 durch einen Ruf nach Berlin, durch die Rückkehr an die ursprüngliche Stätte seines Wirkens entrückt, um namentlich die schon seit einigen Jahren durch Jaffé's jähen Tod († 1870) verwaisten historischen Hülfswissenschaften zu vertreten. War es doch vorzugsweise sein Verdienst, dafs die Palaeographie, für welche er die ersten Hülfsmittel geschaffen hatte, auf dem Lehrplane aller bedeutenderen Universitäten heutigen Tages als ein unentbehrliches Fach zu finden ist, neben der Diplomatik, deren Pflege er mehr Andern überlassen hatte.

Doch nicht nur zu der früheren Lehrthätigkeit kehrte Wattenbach zurück, sondern auch zu den Monumenta Germaniae. Wie er schon an den ersten, durch die Akademie eingeleiteten Verhandlungen zur Verjüngung der Gesellschaft für ältere deutsche Geschichtskunde in Berlin Theil genommen hatte, so wurde er auch sogleich in die unter der Leitung von Waitz neu gebildete Centraldirection 1875 als Mitglied gewählt. Er begründete in dieser Stellung die längst vermifste, lange ersehnte Abtheilung der Briefe (Epistolae) und gab der Centraldirection in dem Neuen Archiv der Gesellschaft ein würdiges Organ. Im Zusammenhange mit dieser Thätigkeit trat er 1881 auch in unsere Akademie ein, zu deren ruhmvollen Unternehmungen ja nunmehr die Monumenta Germaniae gehörten. Nach dem unverhofft frühen Tode von Waitz († 1886), den er im Leben stets hoch verehrt hatte, übernahm er zwei Jahre hindurch dessen Vertretung.

So war ihm, wenn auch mit einigen Einschränkungen, vergönnt, bis an die Grenzen des Alters sein Wirken im alten Sinne fortzusetzen, und nicht als einen lebensmüden Greis raffte ihn am 20. September 1897, zwei Tage vor seinem 78. Geburtstage, der Tod hinweg, sondern als einen Mann, der seine Tage wohl zu schätzen und zu nutzen wufste, wie ihm ja auch das Familienleben, für welches er wie wenige bestimmt zu sein schien, erst in späten Jahren noch zu Theil geworden war.

In Wattenbach starb einer der umfassendsten Kenner, der gründlichsten Erforscher des Mittelalters, das er fast durch alle seine Jahrhunderte, von Diocletian bis in die Zeit der Reformation, durch neue Funde bereichert, durch lichtvolle Untersuchungen aufgehellt hat, neben Pertz und Waitz der glänzendste und verdienteste Vertreter eines Geschlechtes, das jetzt in der Abnahme begriffen ist, um den historischen Tummelplatz mehr und mehr den Jüngern der neueren Geschichte zu überlassen, obgleich seine Arbeit noch keineswegs abgeschlossen ist. Die Begeisterung der Freiheitskriege und das darauf folgende politische Stillleben einerseits, die deutsche Umwälzung der letzten Jahrzehnte andrerseits haben in unserem Vaterlande das geschichtliche Interesse in entgegengesetzte Richtungen gelenkt.

Wattenbach's Verdienste lagen vorzugsweise auf dem litterarischen Gebiete, in der Erkenntnifs des Geisteslebens, viel weniger auf dem der politischen Geschichte, über welche er nur in populärer Form und nicht gerade in hervorragendem Mafse gearbeitet hat. Ihn als mittelalterlichen Forscher fesselte und beschäftigte natürlich hier der Gegensatz von Papstthum und Kaiserthum am meisten. Deutsche Gesinnung pflegte und förderte er bis an sein Ende im deutschen Schulverein, wie er sie in der Heidelberger Zeit auch im Nationalverein und Arbeiterbildunsgverein (in Gemeinschaft mit W. Wundt) bethätigt hatte. Er entwickelte dort auch die Gabe, klar und gemeinverständlich zu reden. Die Umwälzung von 1866 entsprach anfänglich nicht seinen Idealen und seinen Augustenburgischen Anschauungen.

Wattenbach war kein blofser Stubengelehrter: Geologie und noch mehr Botanik zogen ihn an, meist mit seinem älteren Bruder bereiste er Siebenbürgen, Spanien, Algier, Griechenland, Schweden und wufste von seinen Erfahrungen viel Anziehendes, zum Theil auch durch den Druck, zu berichten. Unterstützt durch seinen Zusammenhang mit den Familien von Hennings und Reimarus lieferte er einzelne werthvolle Beiträge zur neueren Litteraturgeschichte. Leicht und in anmuthiger Form gieng ihm alles von der Hand,

doch mied er das Übermafs. Gleiche Zuverlässigkeit wie in allen seinen Arbeiten erwies er auch in der Freundschaft, in vielfachen Ehrenämtern — unter denen besonders auch der Verwaltungsausschufs des Germanischen Nationalmuseums hervorgehoben sei — und allen übrigen Lebensbeziehungen, ein ausgezeichneter Briefschreiber, behaglich und liebenswürdig im Verkehr, von der gröfsten Gefälligkeit gegen Jeden, der ihn um Rath fragte, ohne Anmafsung, eine durchaus harmonische Natur.

Gedächtnifsrede auf Ernst Beyrich.

Von

Hrn. W. DAMES.

Gehalten in der öffentlichen Sitzung am 1. Juli 1897
[Sitzungsberichte St. XXXIII. S. 712].
Zum Druck eingereicht am 19. Januar 1899, ausgegeben am 3. Februar 1899.

In Ernst Beyrich ist vor kaum einem Jahre der letzte der grofsen deutschen Geologen heimgegangen, dem es vergönnt war, die Grundsteine zu dem Bau der Geologie Deutschlands zu legen. Mit von Dechen, Ewald, den Brüdern Römer, Quenstedt, von Strombeck u. A. gehörte er zu den Forschern, die mit ihrer Wissenschaft aufwuchsen und dadurch in der glücklichen Lage waren, das Gebäude allmählich entstehen zu sehen und seine Fortschritte im einzelnen zu verfolgen. Als die Genannten ihre Arbeit begannen, waren nur wenige engere Gebiete Deutschlands, meist ihrer montanen Bedeutung wegen, genauer durchforscht; eine einheitliche, gemeinsame Grundlage für das Gesammtgebiet fehlte vollkommen. Die Eintheilung der Formationen war über die Scheidung in die von Abraham Werner aufgestellten Hauptabtheilungen nicht hinausgekommen, beispielsweise die verbreitetste Formation in Mitteldeutschland, die Trias, nicht einmal in ihrer Dreitheilung erkannt. Die Aufgabe, die den deutschen Geologen damals, in den dreifsiger Jahren, erwuchs, war grofs und schwierig, aber auch dankbar. Ist es heute für einen jungen deutschen Geologen schwer, auch nur zu einer kleineren Untersuchung eine geeignete Gegend zu finden, damals lag Deutschland, namentlich Norddeutschland, zum gröfseren Theil als terra incognita da. Das hat sich unter der Thätigkeit der genannten Männer und mancher anderen schnell geändert. Deutschland gehört jetzt zu den geologisch am besten erschlossenen Ländern der Erde. Wie bedeutend Beyrich's Antheil an der hierzu geleisteten Arbeit ist, ergibt sich aus der Übersicht seiner wissenschaftlichen Thätigkeit.

Heinrich Ernst Beyrich, am 31. August 1815 geboren, gehört einer alten Berliner Patricierfamilie an, welche in weiteren Kreisen durch ihre rege Betheiligung an der von Friedrich dem Grofsen in der Mark ins Leben gerufenen Seidenzucht bekannt geworden ist. Obwohl Beyrich weder in seiner

Familie noch auf dem Berliner Gymnasium zum Grauen Kloster, das er schon im 16. Lebensjahr absolvirte, Anregung und Berührung mit den beschreibenden Naturwissenschaften genossen hatte, war die Neigung zu ihnen doch in dem Knaben so fest gewurzelt, dafs er nie geschwankt hat, ihr Studium und ihre Förderung zu seinem Lebensberuf zu machen. In der Vita seiner Dissertation theilt er mit, dafs ihn bei Beginn seiner Universitätsstudien Zoologie, Botanik und Mineralogie in gleicher Weise angezogen hatten, vielleicht mit einer gewissen Bevorzugung der Botanik, dafs er aber, als er in die Lehren und den Geist Chr. Samuel Weifs' eingedrungen sei, den Entschlufs gefafst habe, sich der Mineralogie und Geognosie ganz zu widmen. Von Berlin begab er sich zur Vollendung des Triennium nach Bonn, um dort unter Goldfufs Palaeontologie zu treiben, was damals in Berlin nicht möglich war, und diese Zeit ist für seine ganze spätere wissenschaftliche Thätigkeit entscheidend gewesen. Die Mineralogie trat in den Hintergrund, die Palaeontologie gewann in ihm einen Gelehrten, der sich in kurzer Zeit zu ihrem ersten Vertreter in Deutschland erhob. Doch verdankt ihm auch die Mineralogie grade aus dieser Studienzeit eine interessante Bereicherung, die Entdeckung des Phenakits in den Eisensteingruben bei Frammont im Elsass, die er auch in späteren Jahren noch gern erwähnte.

Von der Überzeugung getragen, dafs, wie er sagte, Naturwissenschaft nur in der Natur selbst zu erforschen sei, sah er zunächst von dem üblichen Abschlufs der Studienzeit durch Ablegung der Promotionsprüfung ab und durchwanderte von Ostern 1835 bis zum Herbst 1836 theils allein, theils mit Max Braun die rheinischen Gebiete von Nassau, Luxemburg und dem Elsafs. Erst nachdem er so seinen Gesichtskreis erweitert und reiches Beobachtungs- und Vergleichsmaterial gesammelt hatte, ging er an die Bearbeitung seiner Dissertation, welche sich mit den Goniatiten des rheinischen Schiefergebirges beschäftigt. So erklärt es sich, dafs gleich diese Erstlingsarbeit weder nach Inhalt noch nach Umfang der Mehrzahl der Dissertationen gleicht, wie sie zur Erlangung der Doctorwürde verfafst zu werden pflegen, sondern dafs sie sich Arbeiten gereifter und erfahrener Gelehrter an die Seite stellt, welche aus sich heraus eine bewufste und durchdachte Forschungsmethode befolgen. Inhaltlich läfst sie schon die beiden Arbeitsrichtungen erkennen, welche Beyrich nicht mehr verlassen hat, in geognostischer Beziehung: das Bestreben, durch gewissenhafteste Beobachtung und den Vergleich mit verwandten Gebieten zu einer naturgemäfsen

Gliederung der Formationsgruppen zu gelangen, in palaeontologischer: auf Grund bestimmter, ihrer Wichtigkeit nach zu begründender Merkmale eine Gruppe von Organismen in ein natürliches System zu bringen, das auch thunlichst die geologische Aufeinanderfolge erläutert. Letzteres hat er hier mit solcher Schärfe erreicht, dafs seine Eintheilung der Goniatiten allgemein angenommen wurde und auch trotz der heute verbreiteten Sucht der Zersplitterung in zahllose Gattungen und Arten nicht beseitigt, sondern gewissermafsen als Werth höherer Ordnung beibehalten ist. Diese Arbeit brachte ihn mit Leopold von Buch zuerst in Berührung, der sich um dieselbe Zeit mit ähnlichen Formen beschäftigte. Seitdem ist der Verkehr mit dem gröfsten Geologen seiner Zeit ununterbrochen und lebhaft und sicher auch von Einflufs auf Beyrich's wissenschaftliche Thätigkeit gewesen, denn in der erwähnten Arbeit bezeichnet er die Methode von Buch's als diejenige, welche ihm als Ideal vorgeschwebt habe. Dennoch bin ich überzeugt, dafs der Buch'sche Einflufs auf Beyrich stets weit überschätzt worden ist. Einmal lag es durchaus in Beyrich's Individualität, sich den Weg selbst zu suchen, sowohl nach Richtung, wie nach Ausdehnung, und weiter trennten sich die Arbeitsgebiete beider Gelehrter, von dieser ersten Berührung abgesehen, zumeist. Während Leopold von Buch fast immer Probleme von allgemeiner Bedeutung behandelte, in der Geologie einzelne Formationen ihrer Entwickelung nach über die ganze Erde verfolgend, in der Palaeontologie umfangreiche Thierclassen unter einem einheitlichen Gesichtspunkt ordnend, liegt die Gröfse und Bedeutung der Beyrich'schen Arbeiten auf der genauesten und erschöpfenden Bearbeitung eng umgrenzter Gebiete, ohne dafs er sich deshalb den daraus gewonnenen allgemeineren Ergebnissen verschlossen hätte.

Und welche kaum zu übersehende Vielseitigkeit tritt uns in diesen Arbeiten entgegen! Wenige deutsche Formationen, wenige Thierclassen sind vorhanden, mit denen er sich nicht beschäftigt hätte. Die Fülle des Materials läfst sich gruppiren, wenn man zunächst die Arbeiten, die aus seinen amtlichen Stellungen hervorgiengen, von denen trennt, die aus eigenem Antrieb in Angriff genommen wurden. Im Auftrag der vorgesetzten Behörde im Felde thätig schuf er die geologischen, als Vorsteher der palaeontologischen Sammlung die palaeontologischen Arbeiten. Daneben ziehen sich durch die ersten 30 Jahre seiner Thätigkeit fast ununterbrochen seine bekanntesten Forschungen über die norddeutsche Tertiärformation hin und

endlich vereinzelt solche, welche auf spontanen Forschungsreisen, namentlich in die Alpen, reiften.

Mit Julius Ewald, dem er schon damals in enger Freundschaft verbunden war und später auch geblieben ist, bis der Tod das Band trennte, trat Beyrich eine solche Reise im April 1838 nach der Schweiz, Frankreich und Oberitalien an, sie wurde bis in den September 1840 ausgedehnt; im Mai des folgenden Jahres fand darauf die Habilitation Beyrich's an der Universität zu Berlin statt.

Zu Anfang der vierziger Jahre beschlofs die Regierung, mit geologischen Kartirungen zunächst in denjenigen Theilen der preufsischen Monarchie vorzugehen, welche durch geologische und montanistische Wichtigkeit besonders hervortraten. Unter von Dechen's Leitung hatte man in den Rheinlanden damit begonnen. Nun sollte Schlesien folgen, eine Provinz, die bis auf einige beschränkte Gebiete, in denen Kohlen- oder Erzbergbau getrieben wird, geologisch so gut wie unbekannt war. In den Jahren 1842 und 1843 unternahm Beyrich die ersten Übersichtsbegehungen in den mittleren und südlichen Theilen Schlesiens und des benachbarten Polen. In dem darüber veröffentlichten Bericht ist das grofse Gebiet zuerst einheitlich erschlossen. Die Eintheilung der schlesischen Gebirge, ihr tektonischer Bau, Lagerung und Gliederung der sie zusammensetzenden Formationen ist mit einer Schärfe der Auffassung und einer in Betracht der kurzen Beobachtungszeit Staunen erregenden Gründlichkeit gegeben, so dafs für die nun zu beginnende Kartirung eine feste Grundlage geschaffen war. Die geologische Karte Niederschlesiens ist, soweit es die Sedimentärformationen betrifft, von ihm allein bearbeitet worden. Ganz besonderes Interesse widmete er dem Rothliegenden und der Kreideformation, deren Gliederung auch für andere Gebiete mafsgebend wurde. Die eigenthümliche Entwickelung der Kreideformation als mächtige Quadersandsteinmassen liefsen den Wunsch reifen, andere Gebiete mit ähnlicher Entwickelung zu vergleichen, und hieraus entstanden die Arbeiten über die Kreide von Regensburg und des Nordrandes des Harzes, in welch' letzteren neben der speciellen Eintheilung namentlich der oberen Kreide und deren weiterer Gliederung die Lagerungsverhältnisse erläutert sind. Die eigenthümliche Steilstellung am Rande des Gebirges brachte er mit der Erhebung des inneren Harzgebirges und seinem Durchbrechen der jüngeren Schichten in Zusammenhang, wie schon früher ähnliche Verhältnisse der

Glatzer Kreide durch gleiche Vorgänge von ihm erklärt worden waren. Seine weiteren Studien im Harz, namentlich im West- und Mittelharz, waren, wie früher in Schlesien, Vorarbeiten für eine specielle Kartirung des Gebirges, die eine Reihe schöner Entdeckungen, z. B. die Auffindung von Graptolithen, von Cypridinenschiefern, Stringocephalenkalken, endlich eine Gliederung der palaeozoischen Schichten brachten, wie sie dann bei der Detailkartirung weiter durchgeführt werden konnte.

Die ungemein schwierige, auch heute noch nicht mit aller Klarheit erkannte Tektonik des palaeozoischen Harzes wies immer dringender darauf hin, dafs man bei seiner kartographischen Festlegung eines gröfseren Mafsstabes der Karten bedürfe als bisher. So begann Beyrich im Westharz und am Südrande, wo Rothliegendes und Zechstein einer noch heute in allen Theilen gültigen Eintheilung unterzogen wurden, mit der Eintragung der Formationen auf Mefstischblätter im Mafsstab von 1:25000 und führte damit einen wichtigen Umschwung in der geologischen Kartographie überhaupt herbei. Nicht nur unsere Königliche geologische Landesanstalt, welche er als wissenschaftlicher Director seit ihrem Bestehen leitete, sondern fast alle übrigen gleichen Institute Deutschlands haben sich von jener Zeit an der Mefstischblätter bedient. Auch aufserdeutsche mufsten sich bald von dem Fortschritt überzeugen und folgten, soweit es das topographische Material erlaubte. Nachdem Beyrich auf mehreren Blättern des Harzes diese seine eigenste Idee durchgeführt hatte, war der Weg für die Beamten der Landesanstalt gewiesen, und er selbst konnte sich der Hauptthätigkeit widmen, der Leitung und Revision der kartirenden Geologen. Von dieser Thätigkeit weifs die Litteratur nichts zu sagen, und doch verdient grade sie besonders hervorgehoben zu werden; denn seiner in allen deutschen Formationen gleich' grofsen Kenntnifs, seiner Umsicht in dem Vergleich verschiedener Formationen in verschiedenen Gegenden, seiner Strenge der Controle, aber auch seinem steten Bestreben nach Ausgleich abweichender Auffassungen verdankt die Geologische Landesanstalt wesentlich ihre wissenschaftlichen Ergebnisse und durch diese das hohe Ansehen, dessen sie sich weit über die Grenzen Deutschlands hinaus zu erfreuen hat.

In der am 6. Juli 1854 an dieser Stelle gehaltenen Antrittsrede hebt Beyrich hervor, dafs er mehr an den engeren Boden Deutschlands gebunden sei, und die Akademie namentlich Arbeiten auf diesem Gebiet, von denen er hoffe, dafs sie brauchbar sein würden, zu erwarten habe. Das hat er, so-

weit es Geologie betrifft, getreulich innegehalten, denn in der That bezieht sich seine geologische Thätigkeit lediglich hierauf. Als Palaeontologe dagegen hat er sich keine Grenzen irgend welcher Art gesteckt und ist über das in derselben Rede ausgesprochene Ziel, die Palaeontologie als eine geologische Geschichte der Organismen zu behandeln, hinausgegangen, indem er auch die rein zoologisch-systematische Seite stets im Auge behielt.

Gemeinsam allen seinen palaeontologischen Arbeiten ist die eingehendste Berücksichtigung der Litteratur, die historische Entwickelung der verschiedenen Systeme und Auffassungen und im engsten Zusammenhang damit die Ausübung mitunter scharfer, doch stets gerechtfertigter und wohl begründeter Kritik. F. Römer hat einst ausgesprochen, daſs für ihn die Vielseitigkeit und Sorgfalt der Beyrich'schen Thätigkeit erst in zweiter Reihe stünde hinter seiner Kritik. Durch sie sei so manches Schiefe und Irrige in der Geologie und Palaeontologie im Keime erstickt worden, was sich ohne sie lange Zeit darin breit gemacht haben würde. Freilich hat diese Neigung zur Kritik ihm auch manchen Fachgenossen entfremdet und mehrfach zu unrichtiger Beurtheilung seines Charakters geführt.

Die Wahl des zu untersuchenden Materials wurde wesentlich beeinfluſst durch die Zugänge der palaeontologischen Sammlung des Königlichen Mineraliencabinets, welche unter ihm aus sehr bescheidenen Anfängen zu einer der bedeutendsten, wenigstens auf dem Gebiete der Wirbellosen, herangewachsen ist. So erklärt sich die bunte Vielseitigkeit der Arbeiten, aus der zwei Gruppen von allgemeinerer Bedeutung hervorragen. Die eine ist die über Ammoniten der Trias, in denen er, abgesehen von der Aufstellung mancher neuer Arten, zuerst den Zusammenhang mit denen der Juraformation nachwies und so die Kluft überbrückte, welche bis dahin bestanden hatte. Vor allem verdanken wir ihm auch auf diesem Gebiet die genaueste Bearbeitung unserer heimischen Muschelkalk-Ammoniten, deren Beziehungen zu alpinen Formen er zuerst darlegte. — Ein anderes Capitel der Palaeontologie, auf das er wahrscheinlich durch Johannes Müller gelenkt wurde, sind die Crinoiden, namentlich seine Untersuchungen über deren Basis, welche zu wichtigen, bis in die neueste Zeit fortgesetzten Studien Anregung gaben. Seine Arbeit über die Crinoiden des Muschelkalks kann für alle Zeit an Gründlichkeit und Klarheit als Muster einer palaeontologischen Monographie gelten.

Diese gröſseren Arbeiten über Wirbellose haben die kleineren über Wirbelthiere, so über *Orthacanthus* und *Xenacanthus*, über *Ceratodus* u. a.,

über *Semnopithecus* etwas in den Hintergrund gedrängt, doch mit Unrecht, denn keine von ihnen entbehrt eines interessanten Ergebnisses.

Neben allen diesen Untersuchungen zieht sich durch Beyrich's ganze lange wissenschaftliche Thätigkeit die Beschäftigung mit der norddeutschen Tertiärformation hin. Seit L. von Buch in den vierziger Jahren die ersten marinen Conchylien von Hermsdorf bei Berlin heimbrachte und Beyrich zur Bearbeitung überliefs, ist sein Interesse an dieser Formation nie mehr erkaltet. Zunächst begann er auf längeren Reisen die einzelnen Aufschlüsse zu studiren und möglichst reiches Material an Petrefacten zusammenzubringen. Eingehende Bearbeitung desselben, auch durch seine Schüler, und Vergleiche mit benachbarten Tertiärgebieten, wie Belgien und Frankreich, liefsen ihn zu der Überzeugung kommen, dafs die von Charles Lyell vorgeschlagene Eintheilung der Tertiärformation in die drei Abtheilungen des Eocän, Miocän und Pliocän in unserer norddeutschen Tiefebene undurchführbar sei, und dafs zu einer naturgemäfsen Gliederung die Einfügung eines vierten Horizontes, der zwischen Eocän und Miocän einzuschieben sei, erforderlich wäre. Er nannte ihn Oligocän und wies das Vorhandensein desselben auch für ganz Nordwest-Europa nach. Man hat sich aufserhalb Deutschlands Jahrzehnte-lang gegen die Annahme des Oligocän gesträubt, heute fehlt das Oligocän in keiner Übersicht der Tertiärformation, von welchem Lande auch die Rede sein mag. Weitere Untersuchungen der Oligocän-Fauna liefsen erkennen, dafs eine weitere Eintheilung wohl durchführbar sei, und so konnte er in seiner bedeutendsten Abhandlung, welche er in den Schriften der Akademie veröffentlicht hat, 1855 eine Dreitheilung in Unter-, Mittel- und Ober-Oligocän auf einer Übersichtskarte zur Darstellung bringen, welche von der Ostgrenze Preufsens bis nach Belgien und Holland reicht. Um diese seine geologischen Untersuchungen auch palaeontologisch zu begründen, begann er noch vor Aufstellung des Oligocän eine Monographie der in ihnen enthaltenen Mollusken, zunächst der Gastropoden. Neben der gewissenhaftesten Beschreibung der vielen neuen Arten und ihrer Abgrenzung von verwandten hat er hierin auf die Wichtigkeit mancher bisher kaum beachteter Merkmale hingewiesen, wie auf die Embryonalwindungen. Leider ist diese Monographie, wie so manches andere, unvollendet geblieben.

Diejenigen Arbeiten endlich, die aus Beobachtungen auf Studienreisen entsprangen, beziehen sich zumeist auf die Alpen. In den sechziger Jahren beschäftigte ihn die Gegend von Vils und Füfsen in den Algäuer Alpen,

in welchen er zuerst das Auftreten eines bis dahin nur aus Südtirol bekannten Horizontes der alpinen Trias, der Cassianer Schichten, nachweisen und eine weitere Gliederung der Lias- und Juraformation unter Zugrundelegung der Deutung ihrer äufserst verwickelten Lagerungsverhältnisse durchzuführen vermochte, Arbeiten, die für das Verständnifs des geologischen Baues der Ostalpen überhaupt von dauernder Bedeutung geblieben sind. Später besuchte er alljährlich die Südalpen in der Gegend von Vicenza und Recoaro. Hier hat er gröfsere Gebiete geologisch genau aufgenommen und namentlich die vicentinische Tertiärformation in Zusammenhang und Übereinstimmung mit der nordeuropäischen zu bringen versucht. Leider ist hierüber fast nichts veröffentlicht, und nur der, welchem Gelegenheit geboten ist seine hinterlassenen Manuscripte und Karten einzusehen, sieht mit Staunen und Betrübnifs, welcher reiche Schatz an Beobachtungen hier begraben, aber nicht mehr zu heben ist.

Die gegebene kurze Skizze der Thätigkeit Beyrich's als Forscher heischt aber noch eine wesentliche Ergänzung, wenn sein wissenschaftliches Leben in dem ganzen Reichthum seiner Vielseitigkeit veranschaulicht werden soll. Beyrich war ohne Zweifel der auf den Gang der geologischen Forschung einflufsreichste Gelehrte seiner Zeit, wenigstens in Norddeutschland, und das verdankte er nicht allein seiner Stellung als Director der geologischen Landesanstalt, sondern zur guten Hälfte seiner Thätigkeit als Lehrer. Sein Vortrag war nicht für Anfänger geeignet, seine leise Sprechweise hinderte manchen Zuhörer dem Vortrage ununterbrochen zu folgen, als Rathgeber für die, welche eigene Untersuchungen vornahmen, war er wortkarg und nicht immer leicht zugänglich, aber trotzdem empfand man bald, welch' Meisters Schüler man sei und wie kein anderer Lehrer so sicher die Arbeiten zu lenken, die Untersuchungen zu vertiefen verstand. Wenig Lehrstühle der Geologie im preufsischen Staat sind heute mit Professoren besetzt, die nicht Beyrich's Schüler gewesen, sie alle folgten seiner Methode der Forschung, auf sie alle hatten sich die Auffassungen Beyrich's übertragen, und so begründete sich seine dominirende Stellung.

Am 14. Juni 1848 vermählte er sich mit Clementine Helm, der späterhin als Jugendschriftstellerin weit bekannten Nichte von Ch. S. Weifs. Die Trauung fand in der im Universitätsgebäude gelegenen Amtswohnung desselben statt, während die revoltirenden Menschenmassen das Zeughaus

stürmten, so dafs das junge Ehepaar nach der Trauung einen grofsen Umweg machen mufste, um zu ihrer am Hausvoigteiplatz gelegenen Wohnung unangefochten gelangen zu können. Dieser Wirrwarr ist kein Omen für die Ehe gewesen. Der stille, ernste Gelehrte und die lebhafte, kluge, liebenswürdige Frau führten in reinster Harmonie ein Leben innerster Zufriedenheit und vollsten Glückes. Die Ehe blieb kinderlos, aber zwei schon im jugendlichen Alter in ihr Haus aufgenommene, später adoptirte Nichten Frau Beyrich's sind in dankbarer Liebe und aufopfernder Pflege an die Stelle leiblicher Kinder getreten.

Hochgeachtet in seiner Wissenschaft, anerkannt von Staat und Fachgenossen, verehrt von seinen zahlreichen Schülern, verschont von ernster Krankheit und herbem Ungemach, arbeitsfreudig und arbeitskräftig bis in sein hohes Alter, innig geliebt von seiner Familie, so ist Ernst Beyrich am 9. Juli 1896 aus unserer Mitte geschieden, ein glücklicher Mensch im edelsten Sinn!



PHYSIKALISCHE
ABHANDLUNGEN

DER

KÖNIGLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

AUS DEM JAHRE
1898.

MIT 2 TAFELN.

BERLIN.
VERLAG DER KÖNIGLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.
1898.

GEDRUCKT IN DER REICHSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI GEORG REIMER.



Inhalt.



Über die ethnologische Stellung der prähistorischen und protohistorischen Ägypter, nebst Bemerkungen über Entfärbung und Verfärbung der Haare.

Von

Hrn. RUDOLF VIRCHOW.

Gelesen in der Gesammtsitzung am 24. Februar 1898
[Sitzungsberichte St. XI. S. 169].
Zum Druck eingereicht am gleichen Tage, ausgegeben am 14. April 1898.

Die Frage nach einer ägyptischen Vorgeschichte ist seit einigen Decennien eine actuelle geworden. Als im Jahre 1869 durch französische Archäologen die Aufmerksamkeit auf die Feuersteinfelder bei Theben gelenkt wurde, auf welchen zweifellos von Menschenhand geschlagene und bearbeitete Stücke, und zwar solche, die nach europäischen Vorbildern als archaische angesprochen werden konnten, zerstreut lagen, entbrannte ein heftiger Streit darüber, ob diese Funde als Beweise einer ägyptischen Steinzeit im strengeren Sinne des Wortes aufgefafst werden könnten.

Während ein grofser Theil der mehr naturwissenschaftlich geschulten Archäologen kein Bedenken trug, diese Beweise als ausreichend anzusehen, verharrte die Mehrzahl der eigentlichen Aegyptologen im Zweifel oder hielt an der Deutung fest, dafs derartige Geräthe noch in historischer Zeit gefertigt und gebraucht worden seien.

Der Zweifel wurde gehoben durch die glänzenden Entdeckungen, welche Mr. Flinders Petrie an mehreren Stellen des Fayum, namentlich bei Ausgrabungen der alten Städte von Kahun und Gurob machte[1]. Hier wurde eine Menge geschlagener Feuersteingeräthe im Innern der Häuser, zum Theil in Haufen bei einander liegend, angetroffen. Zugleich ergab sich mit Sicherheit, dafs Kahun nur in der Zeit der XII. und XIII. Dynastie bewohnt gewesen ist. Ähnliches fand sich in Gurob, dessen Existenz für die Zeit des Endes der XVIII. bis zum Anfange der XIX. Dynastie ermittelt wurde.

Konnte somit an der historischen Herkunft sogenannter archaischer Geräthe nicht mehr gezweifelt werden, so war damit doch nicht entschieden, wohin der Anfang der Feuerstein-Technik in Aegypten zu verlegen sei. Der Mangel zuverlässiger Grabfunde aus früherer Zeit bildete ein wenigstens

[1] Man vergleiche darüber den vortrefflichen Bericht des Hrn. W. Reiss in den Verhandl. der Berliner Anthropol. Gesellschaft 1891. S. 476. Taf. IX—X.

vorläufig unübersteigliches Hindernifs, ja es wurde zweifelhaft, ob es überhaupt gelingen werde, dasselbe hinwegzuräumen. Diefs ist inzwischen durch die unermüdlichen Arbeiten der HH. de Morgan, Flinders Petrie, Amélineau u. A. geschehen. Es sind Gräber aus der Zeit der ältesten Dynastien aufgedeckt worden, und es scheint, dafs wir in der That bis in den Anfang der ersten manethonischen Dynastie vorgerückt sind.

Hr. de Morgan hat in Oberägypten bei Negada ein umfangreiches Königsgrab aufgedeckt[1], welches er sofort als wahrscheinlich der I. Dynastie angehörig ansprach. Darin fanden sich sehr wenig metallische Objecte, dagegen zahlreiche Feuerstein-Instrumente, Gefäfse aus Thon und Stein, namentlich aus Quarz und Obsidian, Thierfiguren aus Elfenbein und Siegelcylinder mit unlesbarer Aufschrift. Einer unserer Landsleute, Hr. Dr. Ludwig Borchardt, hat der Akademie in der Sitzung vom 25. November v. J.[2] eine Abhandlung vorgelegt, in welcher er mit gröfster Wahrscheinlichkeit nachweist, dafs dieses Grab dem fast sagenhaften Begründer der I. Dynastie, dem König Menes, angehört hat.

Damit wären wir nunmehr an die Schwelle der vorgeschichtlichen Periode gelangt. Inzwischen waren jedoch durch die genannten Forscher neue Fundplätze aufgedeckt worden, meistens in alten Schutthügeln, zum Theil auch in ziemlich ebenem Boden, wo Gräber einer chronologisch noch nicht zu bestimmenden, wahrscheinlich älteren Zeit verborgen waren. Die Mehrzahl derselben ist zu Tage gekommen in der Umgebung von Abydos, wohin schon die längste Überlieferung den Anfang des ägyptischen Herrschergeschlechts verlegte, auch bei Negada, am Ǧebel Silsileh, und an anderen Orten. Während die spärlichen grofsen Königsgräber nach Art der mesopotamischen Feuer-Nekropolen eingerichtet sind, fanden sich hier Tausende von »kleinen Gräbern«, wie Hr. Schweinfurth[3] sie nannte, in denen je ein Körper, meist in der Stellung eines sogenannten »liegenden Hockers«, ohne Sargbehälter, frei im Boden liegend, umhüllt von Häuten und Matten, beigesetzt war. Auch die sonstigen Beigaben trugen so sehr den Charakter der Fremdartigkeit, dafs Flinders Petrie kein Bedenken getragen hat, diese »Gräber der Fremden« in einen scharfen Gegensatz zu den eigentlich ägyptischen zu stellen und sie einer »neuen Rasse« zuzuschreiben.

---

[1] Verhandl. der Berliner Anthrop. Ges. 1897. S. 207.
[2] Sitzungsberichte der Akademie 1897. Nr. XLVIII.
[3] Verhandl. der Berl. Anthr. Ges. 1897, S. 276.

Ich kann eine weitere Besprechung der Beigaben übergehen, da unser Aegyptisches Museum gute Stücke davon besitzt. Meine Aufgabe wird es vielmehr sein, ein physisches Merkmal der hier bestatteten Menschen zu erörtern, welches für die Bestimmung der Rasse von hervorragender Wichtigkeit ist. Ich meine das Haar. Wichtige Beispiele für das Verhalten des Haares, wie sie uns für alle anderen bis jetzt bekannten Stämme der Vorzeit fehlen, sind in den Gräbern der liegenden Hocker erhalten. Neben den vertrockneten Gerippen stehen Teller oder flache Schalen aus grobem Thon, auf welchen menschliches Kopfhaar in gröfserer Fülle ausgebreitet ist. Die Farbe dieses Haares ist sehr mannichfaltig, aber darunter zeichneten sich sehr auffällig durch ihre lichtere, häufig gelbe oder röthliche Farbe ganze Locken oder Ballen aus. Die Untersucher wurden so zu der Auffassung geleitet, dafs die »Fremden« einer, von den Aegyptern verschiedenen, mehr oder weniger blonden Rasse angehört haben müfsten, und die alten Wandmalereien führten sehr natürlich zu der Deutung, dafs es Libyer (Tamahu) gewesen seien. Damit schien die Fremdartigkeit der Bestattungen und der Beigaben in vollem Einklang.

Die auch in der ägyptischen Tradition hergebrachte Eintheilung der Völker nach der Hautfarbe war, wie die Wandmalereien bezeugen, eng verbunden mit der Erfahrung, dafs die Verschiedenartigkeit der Hautfarbe sich auch in der Verschiedenartigkeit der Haarfarbe zeige. In der That ist die Haarfarbe in hohem Maafse abhängig von der Hautfarbe. Beide beruhen auf der Anwesenheit besonderer Farbstoffe (Pigmente) in den hornartigen Zellen, aus welchen die Oberhaut und die Haare zusammengesetzt oder, vielleicht besser, aufgebaut werden. Beide sind nur verschiedene Anordnungen gleichartiger Bestandtheile. Der Schlufs aus der Beschaffenheit der Haare auf die Beschaffenheit der Oberhaut ist daher, wenn auch nicht für alle Fälle absolut gültig, doch ein wohl berechtigter.

Nun ist die Untersuchung eines menschlichen Körpers, der vielleicht 6000 Jahre in der Erde gelegen hat, für die Feststellung der Farbe der Oberhaut nicht günstig. So ausgezeichnet der Sandboden Aegyptens auch für die Erhaltung der zusammentrocknenden Weichtheile ist, so wenig läfst sich doch an diesen, weder bei der Betrachtung im Ganzen, noch bei der mikroskopischen Untersuchung, die Oberhaut in ihren Einzelheiten erkennen. Selbst wenn wir ganze Hautstücke von den »Fremden« der Thebais besäfsen, würde voraussichtlich das Ergebnifs ein negatives sein. Die Oberhaut ist

stets so vollständig zerstört, sei es abgelöst, sei es zerfallen, dafs ihre Beschaffenheit nicht mehr festgestellt werden kann. Es sind mir in der That Hautstücke übergeben worden, welche möglicherweise von menschlichen Leichnamen herstammen, aber sie sind so sehr zusammengetrocknet, dafs sie in ihrem Innern ein fast homogenes Aussehen darbieten, und dafs auch das Mikroskop keine Structurelemente erkennen läfst[1]. Überdiefs sind sie so stark mit Kalksalzen durchtränkt oder auch mit denselben inkrustirt, dafs beim Zusatz von Schwefelsäure alsbald das Ganze sich mit Gypsnadeln bedeckt. Selbst wenn man sich der Hoffnung hingeben wollte, es werde bei sorgfältiger Sammlung geeigneter Stücke sich eines oder das andere finden, an welchem die frühere Pigmentirung sich noch erhalten hätte, so wird man sich doch augenblicklich mit dem negativen Resultat begnügen müssen.

So erübrigt eben nur die Untersuchung der Haare selbst. Obwohl, soweit ich sehe, festsitzende Kopfhaare an den Bestatteten höchstens vereinzelt gefunden sind, so kann doch kein Zweifel darüber bestehen, dafs die auf den Tellern aufbewahrten Haare menschliches Kopfhaar sind. Sie bilden durchweg starke Locken, die häufig zu vollen Ringeln zusammengebogen, seltner in längerer Ausdehnung wellig angeordnet sind. Der Gesammteindruck ist der, dafs der Kopf mit einer dicken Lage lockiger Büschel bedeckt gewesen ist. Unter diesen befinden sich einzelne von gröfserer Länge. So habe ich eine dunkle Locke von 18^{cm} Länge in gestreckter oder

---

[1] Hr. Salkowski hat diese Stücke chemisch geprüft. Sein Bericht lautet: »Zur Entscheidung der Natur der auf beiden Seiten der Haare befindlichen Massen wurden dieselben, so gut es anging, von den Haaren getrennt und analysirt.

»Die Masse der einen Seite, welche einen ziemlich festen Zusammenhang zeigte und auf dem Bruch sich glänzend schwarz erwies, enthält 10.72 Procent Wasser und 6.65 Procent Asche; der Stickstoffgehalt beträgt 12.02 Procent. Umgerechnet auf wasserfreie und aschenfreie Substanz beträgt dieser Gehalt 14.4 Procent. Dieser Gehalt liegt dem der Proteinsubstanzen — etwa 16 Procent — so nahe, dafs nicht daran zu zweifeln ist, dafs die Masse der einen Seite aus Haut besteht.

»Die Masse der anderen Seite von mehr lockerem Zusammenhang enthält 7.26 Procent Wasser, 55.13 Procent Asche und 3.57 Procent Stickstoff. Die Asche bestand zum grofsen Theil aus Kalk. Unter Berücksichtigung des Umstandes, dafs eine glatte Trennung der Schichten von einander und von den Haaren nicht möglich war, kann man daraus schliefsen, dafs die andere Schicht im Wesentlichen aus Kalksalzen besteht, vielleicht mit irgend einer stickstofffreien oder schwach stickstoffhaltigen Substanz vermischt. Die »Kalksalze« sind zum grofsen Theil kohlensaurer Kalk, wie die Kohlensäure-Entwickelung beim Übergiefsen dieser Schicht mit Salzsäure beweist«.

von 15^{cm} in natürlicher Lage aus einem Grabe von Negada herausgefunden, welche lebhaft an die »Jugend- oder Prinzenlocke« der späteren Aegypter erinnert. Die Mehrzahl erscheint so regelmäfsig geringelt, dafs man glauben könnte, sie seien künstlich frisirt, ja die Frage scheint nicht fern zu liegen, ob diefs wirklich das natürliche Haar war oder ob es nicht vielmehr von künstlichen Perrücken herstammt. Ich werde darauf zurückkommen.

Zunächst möge es gestattet sein, die Haarfarbe selbst zu besprechen. Die grofse Mehrzahl der Büschel hat eine sehr dunkle, im Ganzen betrachtet schwarze oder wenigstens schwarzbraune Farbe. Bei der mikroskopischen Untersuchung löst sich das scheinbare Schwarz jedoch ausnahmslos in ein dunkles Braun auf (Taf. II. Fig. 1); man kann allgemein sagen, dafs es genau der Farbe dunkler Kastanien entspricht. Auch die zahlreich vorkommenden Varianten bewegen sich nur in den verschiedenen Nüancirungen von Braun, zwischen den helleren mit einem Stich ins Gelbbraune und den verhältnifsmäfsig spärlichen fast schwarzbraunen. Immerhin ist die Farbe in der Regel so dicht, dafs man einen Markstreifen bei der mikroskopischen Betrachtung der Längsansicht nicht wahrnimmt, und zugleich so homogen, dafs einzelne Pigmentkörner oder Pigmentzellen in der Haarsubstanz nicht zu erkennen sind.

Von diesen dunklen Haaren unterscheiden sich, wie schon erwähnt, die hellen, gelblichen oder röthlichen Locken sehr auffällig. Ich besitze durch die gütige Vermittelung des Hrn. Georg Schweinfurth eine Sammlung gröfserer Ballen davon, welche Hr. de Morgan aus Gräbern auf dem Ǧebel Silsileh durch die HH. Lampre und Legrain hat aufbewahren lassen. Es ist sehr bezeichnend, dafs darunter keine einzige Probe ist, welche in ihrer ganzen Ausdehnung die hellere Farbe zeigt. Im Gegentheil, man sieht sehr oft inmitten eines dunkleren Ballens einzelne kleinere oder gröfsere Stellen, welche die helle Farbe tragen (Taf. I. Fig. 1). Ja, es ist nicht ungewöhnlich, dafs eine und dieselbe Locke an einem Ende sehr hell, am anderen sehr dunkel aussieht, namentlich dafs die Spitzen hell, die der Kopfhaut näheren Theile dunkel sind (Taf. I. Fig. 3–5). Auch beschränkt sich die hellere Farbe nicht auf den Übergang zu gelben oder röthlichen Stellen, sondern sie geht zuweilen in ein fast farbloses Grau oder in eine Farbe über, durch welche das Haar etwa das Aussehen von Werg erlangt.

Bei der mikroskopischen Untersuchung sieht man an solchen Stellen statt brauner Haare wirklich gelbe, ja nicht selten schön goldgelbe Haare

von fast leuchtendem Aussehen (Taf. II. Fig. 2). Der Übergang von dem ausgemachten Braun zu Gelb macht sich zunächst durch Aufhellung des Brauns bemerkbar, wobei auch deutliche, wenngleich meist schmale Markstreifen hervortreten. Diese bestehen jedoch, obwohl sie zunächst schwarz erscheinen, aus lufthaltigen, vertrockneten Zellen, welche weiterhin farblos werden oder fast ganz verschwinden, wenn man kaustische Substanzen (Lauge oder Schwefelsäure) auf sie einwirken läfst. Auch finden sich, namentlich in den hanfgrauen oder weifsen Stellen, äufserst schwach gelbliche oder ganz farblose Haare.

Abgesehen von den höchst ungewöhnlichen goldgelben Exemplaren nähern sich diese hellen Haare aufserordentlich den natürlichen blonden Haaren, namentlich solchen, welche im Grofsen ganz hell- oder weifslichblond aussehen, wie wir sie von sogenannten Flachsköpfen kennen. Zur Vergleichung habe ich derartige Haare von einem weifsblonden Europäer im Alter von 20–25 Jahren abbilden lassen (Taf. II. Fig. 3), sowie ähnliche von einem sogenannten »weifsen Neger« (Taf. II. Fig. 6), dessen gesammtes Kopfhaar die lichteste Flachsfarbe zeigte. In beiden Fällen sind die einzelnen Haare in ihrer ganzen Länge fast farblos, bei dem Neger noch mehr, als bei dem Europäer, so dafs auch die kleinsten Abschnitte der Markstreifen unter dem Mikroskop leicht wahrgenommen werden können.

Die Haare der ägyptischen Neolithiker unterscheiden sich also durch zweierlei Eigenschaften von den natürlich blonden oder, allgemein gesprochen, hellen Haaren anderer Stämme. Erstens ist es auch nicht durch ein einziges Beispiel dargethan, dafs das gesammte Kopfhaar blond war. Alle eingegangenen Proben zeigen vielmehr blonde oder helle Abschnitte inmitten dunkler, welche die Hauptmasse ausmachen. Wären solche blonde Stellen an Lebenden oder wenigstens unter Umständen, wo secundäre Veränderungen ausgeschlossen sind, beobachtet worden, so würde daraus folgen, dafs die betreffenden Personen eine »scheckige« Behaarung gehabt hätten. Daraus würde jedoch nicht geschlossen werden dürfen, dafs der ganze Stamm scheckig war oder dafs die scheckige Färbung als eine erbliche Eigenschaft zu betrachten sei. Ich werde darauf alsbald zurückkommen.

Zweitens ist auch an den hellen Abschnitten nur eine partielle Entfärbung der einzelnen Haare, bezw. der durch eine gröfsere Zusammenordnung derselben gebildeten Büschel, zu sehen, keineswegs eine Aufhellung der ganzen Haarschäfte von ihrem Ursprunge an. Dieses ist aber die durch-

greifende Eigenschaft aller, von Natur blonden oder hellen Haare, und zwar nicht blofs des von einem blonden Menschen entnommenen Gesammthaares, sondern auch der auf den hellen Stellen farbiger, also scheckiger Menschen wachsenden Einzelhaare. Stellen dieser letzteren Art sind nicht ganz selten, besonders am Kopfhaar. Einzelne pflanzen sich sogar erblich fort. Es mag hier erinnert sein an die in der Familie der Rohans erbliche helle Locke: le toupet des Rohans genannt. Meist findet sich ein einzelnes helles, häufig weifses Haarfeld zwischen dem stark oder stärker gefärbten Haar, z. B. am Hinterkopf. Besonders auffällig ist das Vorkommen eines breiten weifsen Haarstreifens, der sich in sagittaler Richtung mitten über den Kopf erstreckt und im Allgemeinen dem von Muskelbedeckung freien und daher weniger gefäfshaltigen Abschnitte der Scheitelcurve entspricht. Man sieht diesen Zustand bei Europäern öfter. Vor mehreren Jahren besuchte uns auch ein 20jähriger afrikanischer Neger aus dem Zulu-Stamm, Ash Ben genannt[1], dessen dichtes schwarzes Wollhaar von einem hohen Kamm weifser Haare durchzogen war, etwa wie der Kamm an einem »Raupenhelm«. Dasselbe sahen wir an den Köpfen der sogenannten »getigerten Grazien«, dreier Negermädchen aus Sierra Leone[2].

Diese Zustände gehören in das Gebiet der pathologischen, vorausgesetzt, dafs man »pathologisch« und »krankhaft« nicht identificirt. Sie fallen in das Gebiet der Leukopathien. Wir können nicht umhin, die Entstehung solcher Anomalien auf Störungen in der Vascularisation, Innervation und Ernährung zu beziehen, wenngleich in der Regel der objective Nachweis solcher Störungen nicht geliefert werden kann. Handelt es sich um einen erblichen Fall, so müssen wir bis auf die elementare Structur der Theile, also bis auf die Zellen zurückgehen. Aber alle diese Erklärungen basiren auf der Voraussetzung eines localen Grundes der Erscheinung, auch wenn eine empirische Definition dieses Grundes nicht gefunden ist. Scheckige Menschen sind und bleiben pathologische Erscheinungen, aber die natürlichen Schecken lassen sich sehr scharf abtrennen von denjenigen, bei denen eine krankhafte Ursache aufgefunden werden kann.

Bis jetzt ist weder eine scheckige Menschenrasse bekannt, noch ein scheckiger Stamm, obwohl die Möglichkeit einer solchen Entwickelung nicht

---

[1] Maafs und R. Virchow, Verhandl. Anthr. Ges. 1892. S. 583. Der Mann ist am 3. April 1893 in Berlin gestorben.

[2] Maafs, ebenda. 1896. S. 222.

bestritten werden soll. Nun giebt es aber erworbene Leukopathien, wo im Laufe der Zeit, zuweilen erst im späteren Lebensalter, einzelne Stellen der Haut, und zwar gerade der Kopfhaut, farbloses oder schwach gelbliches Haar hervorspriefsen lassen. Hier geht häufig ein bestimmter Erkrankungszustand der befallenen Stelle der Veränderung in der Haarfärbung voraus, am häufigsten die Ansiedelung mikroskopischer pflanzlicher Parasiten, z. B. bei der Tinea (Porrigo). Die herrschende Richtung der Aetiologie führt mit Vorliebe zu der Annahme, dafs es sich jedesmal bei solchen fleckigen oder scheckigen Zuständen um »Pilze« handle. Die Erfahrung hat jedoch diese Voraussetzung nicht überall bestätigt. Aber sie hat sich doch auch unter Umständen bewährt, wo man an ein anderes, vielleicht an ein erbliches Verhältnifs denken konnte. So kennt man in Mexico und an anderen Stellen der westamerikanischen Küstenstriche eine endemische Anomalie, die Mal del Pinto genannt worden ist. Bei den Pintados trifft man verfärbte Haare in kleineren und gröfseren Flecken an der Kopfhaut, jedoch auch an anderen Theilen des Körpers[1]; die Mikroskopiker haben in denselben Fadenpilze aufgefunden[2]. An den Haaren unserer Neolithiker ist von derartigen Parasiten nichts zu sehen; ich betone namentlich, dafs mir trotz vielfältiger Nachforschung im Innern eines verfärbten Haarschaftes keine Spur eines Entophyten bei ihnen vorgekommen ist.

Es mag endlich erwähnt werden, dafs es noch einen anderen Grund der Farbenveränderung an den Haaren giebt, der leicht zu einem Irrthum führen kann. Es ist diefs die Entwickelung von Luftbläschen im Markstreifen, wodurch dieser im durchfallenden Licht dunkel, im auffallenden weifs erscheint. In einem berühmt gewordenen Falle in Greifswald wuchs das Kopfhaar in der Art, dafs hinter einander in gewissen Abständen braune und weifse Abschnitte entstanden[3]. Verschiedene Mikroskopiker glaubten darin verschiedene Pigmente zu erkennen. Indefs haben L. Landois und Lohmer[4] nachgewiesen, dafs das sogenannte weifse Pigment nur lufthaltig, im Übrigen aber das ganze Haar braun gefärbt war. Bei unseren Neolithikern trifft diese Erwägung nur unvollkommen zu: ihre Haare sind

---

[1] Gustavo Ruiz y Sandoval, El Mal del Pinto. México 1881. Lamina II y IV. Philippi, Verhandl. Berliner Anthrop. Ges. 1892. S. 448.

[2] Aug. Hirsch, Handbuch der histor.-geogr. Pathologie. Stuttg. 1883. II. S. 263.

[3] Karsch, De capillitii humani coloribus quaedam. Dis. inaug. Gryphiae 1846.

[4] Archiv f. path. Anat. u. s. w. 1866. XXXV, 597.

durchschnittlich nur wenig lufthaltig und gerade die ganz hellen (Taf. II. Fig. 2) enthalten häufig gar keine Luftbläschen, höchstens ganz feine, fast linear aufgereihte. Darüber kann kein Bedenken bestehen, daſs die Aufhellung den Farbstoff selbst betrifft, und zwar denjenigen, welcher durch die ganze Dicke des Haarschaftes vertheilt ist.

Es könnte dann in Frage kommen, ob diese Aufhellung durch künstliche Mittel erzeugt worden ist. Diese Frage hatte schon Hr. Schweinfurth[1] aufgeworfen und dabei speciell auf die Methoden hingewiesen, welche die Somal noch heut zu Tage vielfach anwenden. Er bezeichnete als solche die Einwirkung von ungelöschtem Kalk oder von Urin und die Färbung mit Henna. Die ersteren beiden haben die Entfärbung, die letztere gerade umgekehrt die Färbung zum Ziel.

Betrachten wir zunächst die Entfärbung, so standen mir zum Vergleich einige Haarproben aus Neu-Britannien zu Gebote, welche Hr. Finsch von seiner, im Auftrage unserer Akademie unternommenen Südseereise mitgebracht hatte. Bekanntlich verwenden die Polynesier gebrannte Schalen von Konchylien zu diesem Zwecke. Solche Haare sehen schon für das bloſse Auge ganz farblos aus: sie haben ein eigenthümlich rauhes, trockenes Aussehen und fühlen sich erdig an. Die mikroskopische Untersuchung zeigt in den geringeren Graden der Entfärbung (Taf. II. Fig. 7) sehr lichte, schwach gelbliche, zuweilen blaſsbräunliche Haarschäfte, welche äuſserlich mit unregelmäſsigen, im durchfallenden Lichte schwarzen, im auffallenden weiſsen Bruchstücken der pulverisirten Schalen bedeckt (incrustirt) sind. Bei stärkerer Einwirkung (Taf. II. Fig. 8) steigert sich die Entfärbung: viele Haare sehen mikroskopisch ganz farblos (weiſs oder wergartig grau), einzelne schwach gelblich aus. In letzteren kommen auch kürzere oder längere, aber sehr feine und vielfach unterbrochene Markstreifen zum Vorschein. Intensiver gefärbte, namentlich goldgelbe Stücke fehlen gänzlich, so daſs der Gegensatz zu den Haaren vom Ǧebel Silsileh (Taf. II. Fig. 2) recht auffällig ist. Immerhin kann man zugestehen, daſs die Ähnlichkeit einzelner Haare mit natürlich blonden des Europäers (Taf. II. Fig. 3) recht groſs ist.

Es wurde nun der Versuch gemacht, entfärbte Haare durch Henna zu färben. Es entstand dadurch eine für das bloſse Auge recht bemerkbare, eigenthümlich hellbräunlichgrau erscheinende Tinction, die sich, auch

[1] Verhandl. der Berliner Anthrop. Ges. 1897. S. 402.

mikroskopisch, als eine durchaus gleichförmige Imbibition des ganzen Haarkörpers erwies (Taf. II. Fig. 7). Die intensiv gelbe oder braunrothe Färbung, welche man so oft an den Nägeln orientalischer Frauen sieht, wurde dabei nicht erzielt. Aber meine Vermuthung, dafs ein Unterschied in der Färbung der oberflächlichen und der tieferen Rindentheile eintreten würde, welcher gewissermaafsen als Zeichen der äufseren Einwirkung zu betrachten sei, wurde auch nicht bestätigt: die Henna-Farbe durchdringt alle Schichten gleichmäfsig.

Ich kann hinzufügen, dafs blonde Kinder- und ganz weifse Greisen-Haare von Europäern dasselbe Verhalten gegen Henna-Lösungen zeigten. Immer entstand die bräunlichgraue Färbung des Gesammthaares und immer zeigte sich die gleichmäfsige Tränkung des ganzen Schaftes. Ich kann daher nur wiederholen, was Hr. Salkowski[1] nach einer chemischen Prüfung des neolithischen Haares ausgesprochen hat, dafs Henna-Färbung für dasselbe auszuschliefsen ist. Andere Farbstoffe, welche derselbe Beobachter versuchte, gaben bei ihrer Anwendung auf weifses Greisenhaar dieselbe gleichmäfsige Imbibition, am prächtigsten Pikrinsäure und Amantin. Wenn es somit möglich ist, durch künstliche Färbemittel mehr als einen blofs äufserlichen Überzug zu erzeugen, so ist doch bis jetzt kein Mittel gefunden, welches die Totalität der an den Gräberhaaren vorkommenden Farbenveränderungen hervorzurufen vermöchte.

Endlich will ich daran erinnern, dafs die blofse Berührung der Luft und des Sonnenlichtes bei langer Fortdauer der Einwirkung genügt, um eine mehr oder weniger starke Entfärbung des Kopfhaares herbeizuführen. Diefs ist bei unseren Landleuten und anderen Personen, die sich während der heifsen Jahreszeit viel in der Luft aufhalten, in starkem Maafse zu beobachten. Indefs beginnt diese Entfärbung stets an den Spitzen der Haare und schreitet von da allmählich weiter gegen die Ansatzstellen fort; zugleich betrifft sie durchaus gleichmäfsig die ganze exponirte Partie. Bei den farbigen Rassen ist diefs wenig oder gar nicht der Fall: ihre Haarfarbe zeigt eine bemerkenswerthe Widerstandsfähigkeit gegen die Atmosphärilien. Auch genügt ein Hinweis auf das fleckweise Auftreten der Entfärbung an den Haaren der Neolithiker, um jeden Gedanken an eine derartige Entstehung zurückzuweisen. —

---

[1] Verh. Berl. Anthr. Ges. 1897. S. 402.

So bin ich denn zurückgedrängt worden auf die Erklärung, die mir schon nach der Erwägung der äufseren Verhältnisse und der sicher zu beobachtenden fortschreitenden Veränderung der Farbe als die wahrscheinlichste erschienen war, dafs es sich nämlich um eine posthume, erst in der Erde des Grabes eingetretene Veränderung handelt. Dafs dunkle Haare im Grabe nach kürzerer oder längerer Zeit roth oder bräunlichroth werden können, ist seit Langem bekannt. Es möge genügen, einen besonders wichtigen Fall zu erwähnen[1], wo die Leiche eines 20 Jahre vorher bestatteten Mannes, der dunkelbraunes Haar gehabt hatte, bei der gerichtlichen Exhumation nur rothes Haar zeigte; Sonnenschein hat damals bei vergleichenden Untersuchungen gefunden, dafs dieses Haar saure Reaction zeigte. Ich selbst wurde direct vor diese Frage gestellt, als ich vor etwa zwei Jahren den von Hrn. v. Kaufmann in dem Gräberfelde von Hawara ausgegrabenen Kopf der Aline zu beurtheilen hatte[2]. Derselbe durfte als etwa dem 2. oder 3. nachchristlichen Jahrhundert angehörig geschätzt werden. Er hatte zu einer regelmäfsig beigesetzten Mumie gehört, und auf einer der um dieselbe gelegten Binden war das Porträt eines mit reichen, schwarzen Ringellocken umgebenen Frauenkopfes gefunden worden. Dasselbe befindet sich jetzt in unserem Königlichen Museum, und vergleichende Messungen haben eine nicht zu verkennende Congruenz der Verhältnisse von Kopf und Porträt gezeigt. Um so mehr war ich erstaunt, statt der reichen Ausstattung des Kopfes mit schwarzen Ringellocken, wie sie an dem Porträt dargestellt ist, den Mumienkopf mit kurzen, steifen, hellbraunröthlichen Haaren besetzt zu sehen. Dafs das Porträt nach einem mit einer Perrücke bedeckten Kopfe angefertigt sei, getraute ich mir nicht anzunehmen. Jedenfalls hielt ich es für ausgemacht, dafs der Kopf vor Anlegung der Mumienbinden geschoren worden sei, dafs aber die Haarstümpfe in der Erde ihre Farbe verändert hätten.

Heut zu Tage würde ich in Betreff der Perrücke weniger zuversichtlich sein. Unter den verschiedenen Gegenständen, die ich selbst 1888 aus demselben Gräberfelde von Hawara mitgebracht habe, befindet sich ein wunderbar erhaltener, mit schönen Ringellocken dicht besetzter Mumienkopf, den mir Mr. Flinders Petrie bereitwilligst überlassen hat. Derselbe wurde hier

---

[1] Archiv f. path. Ant. 1869. XLVI, 502.

[2] Verh. Berliner Anthr. Ges. 1896. S. 196.

sofort in ein gläsernes Gefäfs luftdicht eingeschlossen und nicht weiter untersucht. Als ich ihn bei dieser Gelegenheit der Haare wegen herausnehmen liefs, ergab sich, dafs das Haar in kunstvoller Weise an einer, fast den ganzen Kopf bedeckenden Perrücke befestigt ist. Ich betone diese Thatsache, weil nicht gerade viele so gut erhaltene Mumien-Perrücken bekannt sind. Das Königliche Museum besitzt nur ein einziges, freilich vorzüglich erhaltenes Stück[1]. Es wäre aber wohl möglich, dafs bei genauerer Untersuchung der Mumienköpfe sich häufiger ein solches Verhältnifs fände. Immerhin ist der Unterschied des Hawara-Kopfes von den sonstigen Perrücken recht grofs: er hat schön frisirtes, welliges oder geringeltes Haar, wie es vom Lebenden getragen sein kann, während die gewöhnlichen Mumien-Perrücken einen sehr künstlichen Aufbau nach Art der Allonge-Perrücken zeigen.

Das Haar an dem Hawara-Kopf läfst nun aber den Einflufs der umgebenden Medien in recht charakteristischer Weise erkennen. Während die linke Seite schön dunkelkastanienbraune Locken (Taf. I. Fig. 8) besitzt, erscheint die rechte Seite, obwohl die Frisur die nämliche ist, sehr viel heller, in der Sonne fast röthlich (Taf. I. Fig. 7). Bei der mikroskopischen Untersuchung der linksseitigen Haare (Taf. II. Fig. 4) überwiegen die starken und dunklen Exemplare; rechts dagegen zeigt sich die Zahl der hellbräunlichen sehr vermehrt, und es erscheinen auch lichtgelbe, welche sich sogar den goldigen nähern (Taf. II. Fig. 5). Offenbar war die linke Seite mehr dem Erdboden genähert, wahrscheinlich in directer Berührung mit dem umgebenden Sande. Hier ist also die posthume Entfärbung schon deutlich angelegt.

Analoge Übergänge sind unschwer an dem neolithischen Haar aufzufinden. Die auf Taf. I Fig. 2–3 dargestellten Locken vom Ǧebel Silsileh lassen eine gröfsere Reihe solcher Übergänge wahrnehmen, zumal wenn man die schon besprochene Fig. 1 hinzunimmt. Man sieht, wie das tief dunkle Kastanienbraun matter und lichter wird, wie, bald an den Enden, bald in der Continuität der Locke graue Töne oder gelbliche, auch wohl weifsliche Entfärbungen auftreten, bis endlich in Fig. 1 die ganze Stärke der Metamorphose zu Roth, Gelb und Grau sich kundgiebt. Das Gleiche gilt von der Negada-Locke in Fig. 5 und 6, wo in dem Verlauf derselben Locke immer neue Farbentöne ausgelöst werden. Fig. 4, von Ǧenamieh, zeigt

---

[1] Sir A. Gardner Wilkinson, The manners and customs of the ancient Egyptians, ed. by Sam. Birch. London 1878, II. p. 330. Nr. 441.

besonders stark das matte, weifsliche Aussehen, zu dessen Erzeugung wohl Kalk aus der Umgebung mitgewirkt haben mag.

Will man sich ein Bild von der Hervorbringung solcher Verfärbungen und gänzlicher Entfärbung durch chemischen Einflufs verschaffen, so ist wohl kein Mittel dazu mehr geeignet, als Wasserstoffsuperoxyd. Dieses greift die Haarsubstanz wenig oder gar nicht an, während es das Haarpigment energisch verändert. So kann man, ohne die Gestalt und den Zusammenhang der Haare zu ändern, alle Phasen der Metamorphose des Pigments mit blofsem Auge verfolgen. Auf Taf. I Fig. 9 und 10 sind zwei Darstellungen einer Negada-Locke wiedergegeben: die erste nach kürzerer, die zweite nach längerer, mehrere Wochen dauernder Einwirkung von Wasserstoffsuperoxyd, das jedesmal nach einigen Tagen erneuert wurde. Vergleicht man damit die auf derselben Tafel in Fig. 5 und 6 dargestellten Negada-Locken in der ursprünglichen Färbung, so wird die Gröfse der Metamorphose ganz deutlich und zugleich der Weg, den die letztere eingeschlagen haben kann, ersichtlich.

Zur Vergleichung ist auf Taf. II. Fig. 11 eine analoge Veränderung abgebildet, wie sie durch längere Einwirkung von Wasserstoffsuperoxyd an dem Haar eines Buschmannes eingetreten ist. Man sieht noch die spiralgerollten »Pfefferkörner«, aus denen das native Haar besteht; sie waren ursprünglich dem äufseren Ansehen nach ganz schwarz, sind aber jetzt hellbraunroth, zum Theil gelblichgrau geworden.

Sonderbarerweise sind manche Haare gegen eine solche Einwirkung widerstandsfähiger. So hat das neolithische Haar vom Ǧebel Silsileh auch nach Wochen seine Farbe nicht ganz verloren. Anfangs war die Wirkung recht stark, ja das Wasserstoffsuperoxyd färbte sich bräunlichgelb, so dafs es schien, als sei ein Theil des Pigments geradezu in Lösung gegangen. Dann aber ist ein Stillstand eingetreten.

Für die Hauptfrage hat das keine Bedeutung. Das Mitgetheilte genügt, wie mir scheint, vollständig, um den Nachweis zu führen, dafs die Entfärbung und Verfärbung der neolithischen Haare im Laufe langer Jahre durch langsam wirkenden Einflufs umgebender Medien zu Stande gekommen ist. Dieser zersetzende Einflufs macht sich auch durch ein weiteres Moment sehr bemerkbar: es ist die ganz ungewöhnliche, fast glasartige Brüchigkeit der Haare. Sie zerbröckeln unter den Händen zu einer Art von Pulver. Daher war es auch fast un-

möglich, Querschnitte der Haare für die mikroskopische Untersuchung herzustellen. Wenn solche Haare lange erhalten werden sollen, so erfordern sie eine sehr sorgsame Behandlung. Mit der Brüchigkeit stehen ein Paar andere Erscheinungen im Zusammenhange[1], die sich leicht nachweisen lassen. Zuerst die fortschreitende Verdünnung vieler Haare, welche durch Abblätterung oberflächlicher Schichten oder, besser gesagt, peripherischer Blättchen entsteht, und welche zuweilen so stark wird, dafs der Markstreifen sich der Oberfläche nähert. Sodann die geringere Widerstandsfähigkeit gegen kaustische Flüssigkeiten. Zuweilen wirkt schon eine mäfsig concentrirte Natronlauge derartig auflösend auf den Haarschaft ein, dafs derselbe unter den Augen des Beobachters aufquillt, sich stark verbreitert und alsbald gänzlich verschwimmt. —

Zum Schlusse kann ich nur noch hervorheben, dafs die Haare der neolithischen Gräber weder auf blondhaarige Libyer, noch auf Neger bezogen werden könnten. In Bezug auf die letzteren dürfte der Unterschied der Farbe, vorausgesetzt, dafs dieselbe posthum verändert ist, weniger Bedeutung haben; um so gröfsere Bedeutung hat aber die sonstige Beschaffenheit, insbesondere die Form der Haare. Vor Jahren habe ich in dieser Akademie das typische Bild des Negerhaares, die Spiralrolle, genau geschildert und abgebildet[2]. Nichts ihr Ähnliches ist in einem neolithischen Grabe Ober-Aegyptens gefunden worden, wie es sich auch in der lebenden reinen Bevölkerung des heutigen Aegyptens nicht findet. Ich kann also das voll bestätigen, was ich nach meiner Rückkehr von der ägyptischen Reise 1888 ausgesprochen habe[3]. Ich berufe mich namentlich auf das, was ich damals über die Hautfarbe und das Kopfhaar der Aegypter gesagt habe. Es ist und war keine rothe, sondern eine gelbe, nicht eine wollhaarige, sondern eine schlichthaarige, und zwar dunkelhaarige Rasse, die mit den heutigen Hamiten zusammenhängt und die wahrscheinlich von Asien her eingewandert ist.

Bis jetzt ist kein Schädel aus den neolithischen Gräbern in meine Hände gelangt. Sollte es, wie mir von mehreren Seiten zugesagt ist, geschehen, so wird es mir vielleicht möglich werden, auch über die näheren Verwandtschaftsverhältnisse auf Grund eigener Prüfung etwas zu sagen. Kürzlich hat der neue Band des Hrn. de Morgan genauere Berichte des Hrn. Dr.

[1] Verh. Berliner Anthrop. Ges. 1897. S. 403.

[2] Monatsberichte der Akademie 1881.

[3] Land und Leute im alten und neuen Aegypten. Verh. der Ges. f. Erdkunde 1888. Nr. 9. — Anthropologie Aegyptens. Corresp.-Bl. der Deutschen Anthrop. Ges. 1888. Nr. 10.

Fouquet in Cairo über Schädel der fraglichen Gräberfelder gebracht[1]. Darnach sind dieselben in der Hauptmasse dolichocephal mit geringen localen Schwankungen der Schädelindices:

Abydos	Männer	70.6	Frauen	70.77
Negada	»	72.73	»	73.13
Ǧebel Silsileh	»	73.11–75.14	»	70.13–77.7

Die Zahlen vom Ǧebel Silsileh ergeben sowohl für die Männer, wie für die Frauen eine leichte Verschiebung in das mesocephale Gebiet, aber sie lassen doch im Ganzen dieser Bevölkerung den dolichocephalen Typus, so dafs derselbe den Anschein einer ziemlich gleichmäfsigen Mischung, wenn nicht einer einheitlichen Rasse hervorbringt.

Die Messungen, welche ich bei Gelegenheit meiner ägyptischen Reise nicht blofs an Lebenden, sondern auch an Mumien und Statuen anstellte, hatten mich zu dem Schlusse geführt, dafs der Typus der Bevölkerung während der historischen Zeit Veränderungen erfahren habe. Im Anschlusse an meine Untersuchungen über die Königsmumien des neuen Reiches, die damals im Museum von Bulaq aufbewahrt wurden, Untersuchungen, welche ich seiner Zeit der Akademie vorgelegt habe[2], konnte ich nachweisen, dafs der Schädeltypus schon im neuen Reich, wie noch jetzt, dolicho- oder gelegentlich mesocephal war, während im alten Reich, besonders an den Statuen, ein vorwiegend brachycephaler hervortrat. Damals gab es freilich noch keinen Schädel aus dem alten Reich und noch weniger einen prähistorischen. Gegenwärtig würde ich meinen Schlufs, dafs eine Umwandlung des Typus stattgefunden habe, nur noch sehr bedingt aufrecht erhalten können, denn die Zahlen des Hrn. Fouquet stehen denen der heutigen Fellachen und Kopten nahe genug.

Dabei ist jedoch die andere Frage unbeantwortet, ob wir die Persistenz derselben Rasse seit der frühesten protohistorischen oder gar prähistorischen Zeit bis heute annehmen dürfen. Nun sind aber fast alle neueren Forscher darin einverstanden, dafs ein Einbruch einer fremden Bevölkerung von Westen her stattgefunden habe. Selbst der sehr vorsichtige Maspero[3] geht auf die Libyer zurück; nur läfst er keine Eroberung zu, sondern nur

[1] de Morgan, Recherches sur les origines de l'Égypte. Paris 1897. II. p. 339, 377.

[2] Sitzungsberichte. 1888, II. S. 767, insbesondere S. 777—82.

[3] Vergl. die vortreffliche Übersicht, welche Hr. Salomon Reinach (L'Anthropologie. 1897. T. VIII. Nr. 3. p. 329) geliefert hat.

eine »langsame Infiltration« durch immer neue Einwanderung, die bis in die neuere Zeit fortgedauert habe. Immerhin bedarf man auch bei einer solchen Annahme der Zumischung einer fremden Rasse, zeitweise sogar mit starker Zurückdrängung der alteinheimischen. Dafs diese Rasse von Westen her eingedrungen und dem altlibyschen Grundstocke anzugliedern sei, kann trotzdem bezweifelt werden. Nachdem ich die auch noch jetzt von Hrn. de Morgan vertheidigte Lehre von einer blonden Rasse zurückgewiesen habe, ist die Discussion fast ganz auf das archäologische Gebiet beschränkt. Denn die Schädelformen würden auch für die östlichen Wüstenstämme, von denen die Ababde, die Bischarin und die zahlreichen Tribus weiter im Süden bis zu den Hadendoa und Halenga hin uns näheres Vergleichsmaterial liefern, zugelassen werden können.

Mr. Flinders Petri hat ein altes Zeugnifs in Erinnerung gebracht, welches sich auf den Begräbnifsgebrauch der Nasamonen bezieht. Herodot[1] erwähnt als eine Besonderheit dieses alten und, wie es scheint, einst sehr grofsen Stammes, dafs er seine Todten in sitzender Stellung bestattet und dafs man Sorge getragen habe, keinen Angehörigen in der Rückenlage sterben zu lassen. Es ist das gewifs sehr bemerkenswerth, obwohl zwischen der Stellung eines »liegenden Hockers« und der eines sitzenden ein nicht geringer Unterschied besteht. Immerhin kennen wir auch von anderen prähistorischen Stämmen Begräbnifsplätze, in denen sitzende und liegende Hocker nahe bei einander angetroffen werden. In beiden Fällen ist der Gegensatz gegen die Begräbnisse der historischen Zeit in Aegypten ein durchschlagender.

Der Mangel der Einbalsamirung drängt sich vornehmlich in die Betrachtung. Noch ist keine einzige Mumie in den »Gräbern der Fremden« aufgefunden worden. Hr. Fouquet[2] glaubt freilich gewisse Spuren von Einbalsamirung darin bemerkt zu haben. In den neolithischen Gräbern sieht man nämlich die Gerippe häufig in einzelne Theile zerlegt und diese Theile zerstreut; so berichtet man insbesondere von einer Enthauptung, wobei der abgetrennte Kopf von dem übrigen Gerippe entfernt und ihm, wie man annimmt, durch das grofse Hinterhauptsloch harzige Substanzen in das Innere des Schädels eingebracht wurden. Leider ist es bisher nicht gelungen, genügendes Material aus solchen Schädeln für eine genauere Analyse zu erlangen. Hr. Schweinfurth hat mir kleine Mengen davon übersandt

---

[1] Herodoti Histor. Lib. IV. cap. 190.

[2] de Morgan l. c. II. p. 346; vergl. Verh. Berliner Anthrop. Gesellschaft 1867. S. 134.

und Hr. Salkowski[1] hat mit grofser Geduld und Umsicht die Natur derselben zu bestimmen versucht. Das Ergebnifs war im Allgemeinen ein negatives, aber nicht ein abschliefsendes. Es mufs daher als ein Desiderat bezeichnet werden, besseres und namentlich reichlicheres Material zu erlangen.

Das zu lösende Problem ist allmählich in immer schärferer Form, aber auch in gesteigerter Complication, in das Bewufstsein der Forscher eingetreten. Der Gedanke, dafs der ägyptische Stamm im engeren Sinne von Osten her in das Nilthal eingedrungen sei, als dieses schon eine theils nomadische, theils ansässige Bevölkerung besafs, ist so geläufig geworden, dafs die Antwort auf die Frage nach der Herkunft der Aegypter sich scheinbar von selbst ergiebt. In der That lassen sich viele Gründe dafür beibringen, die Einwanderer aus Arabien oder auch aus Mesopotamien herzuleiten. Aber man darf nicht vergessen, dafs manche der aufgeführten Kriterien recht unsicher sind. So bieten die heutigen Stämme der arabischen Wüste doch recht grofse Verschiedenheiten von den Aegyptern, auch denen der protohistorischen Zeit dar, obwohl auch sie verdächtig sind, asiatischen Ursprunges zu sein. Vielleicht wird die Zeit nicht mehr so fern sein, wo diese Zweifel werden gelöst werden. Seien wir vorläufig zufrieden damit, dafs die Ausgrabungen unserer Zeitgenossen schon die vormetallische Zeit Aegyptens berühren, so dafs das Zugeständnifs einer wirklichen Steinzeit eine mehr formalistische Bedeutung haben würde.

[1] Verh. Berl. Anthrop. Gesellsch. 1897. S. 32. 138. 389.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I. Makroskopische Abbildungen.

Fig. 1. Ein Locken-Bündel aus einem neolithischen Grabe vom Ğebel Silsileh (Nr. 10) zeigt die sich vollendende Umwandlung der kastanienbraunen Haarfarbe in eine rothe, gelbe und graue.

Fig. 2. Eine Locke von ebendaher in ihrer mehr ursprünglichen Färbung.

Fig. 3. Desgleichen (Nr. 25) mit Entfärbung der Spitzen.

Fig. 4. Locke aus einem Grabe von Genamieh, beginnende Entfärbung, mattes Aussehen.

Fig. 5—6. Zwei Locken aus einem Grabe von Negada (Nr. 5), etwas vorgerückte Umwandlung.

Fig. 7. Locke von einem Mumienkopf von Hawara, rechte Kopfseite, beginnende Verfärbung (vergl. Taf. II. Fig. 5).

Fig. 8. Desgleichen, linke Kopfseite, ursprüngliche Haarfarbe (vergl. Taf. II. Fig. 4).

Fig. 9—10. Löckchen von Negada (Nr. 5, vergl. Fig. 5—6) in Wasserstoffsuperoxyd, Fig. 9 nach kürzerer, 10 nach längerer Einwirkung, letztere ganz licht.

Fig. 11. Einige »Pfefferkörner« (Spiralröllchen) eines Buschmannes, durch Wasserstoffsuperoxyd rothbraun geworden.

Tafel II. Mikroskopische Abbildungen.

Fig. 1. Dunkles Haar von Negada (Nr. 25).

Fig. 2. In der Entfärbung begriffenes Haar aus einem Grabe (Nr. 10) von Silsileh, darunter goldgelbe Exemplare.

Fig. 3. Kopfhaar eines blonden Europäers von 20—25 Jahren.

Fig. 4. Desgleichen eines Mumienkopfes von Hawara, linke Seite (vergl. Taf. I. Fig. 8).

Fig. 5. Desgleichen, rechte Kopfseite, in der Entfärbung (vergl. Taf. I. Fig. 7).

Fig. 6. Kopfhaar eines weifsen Negers.

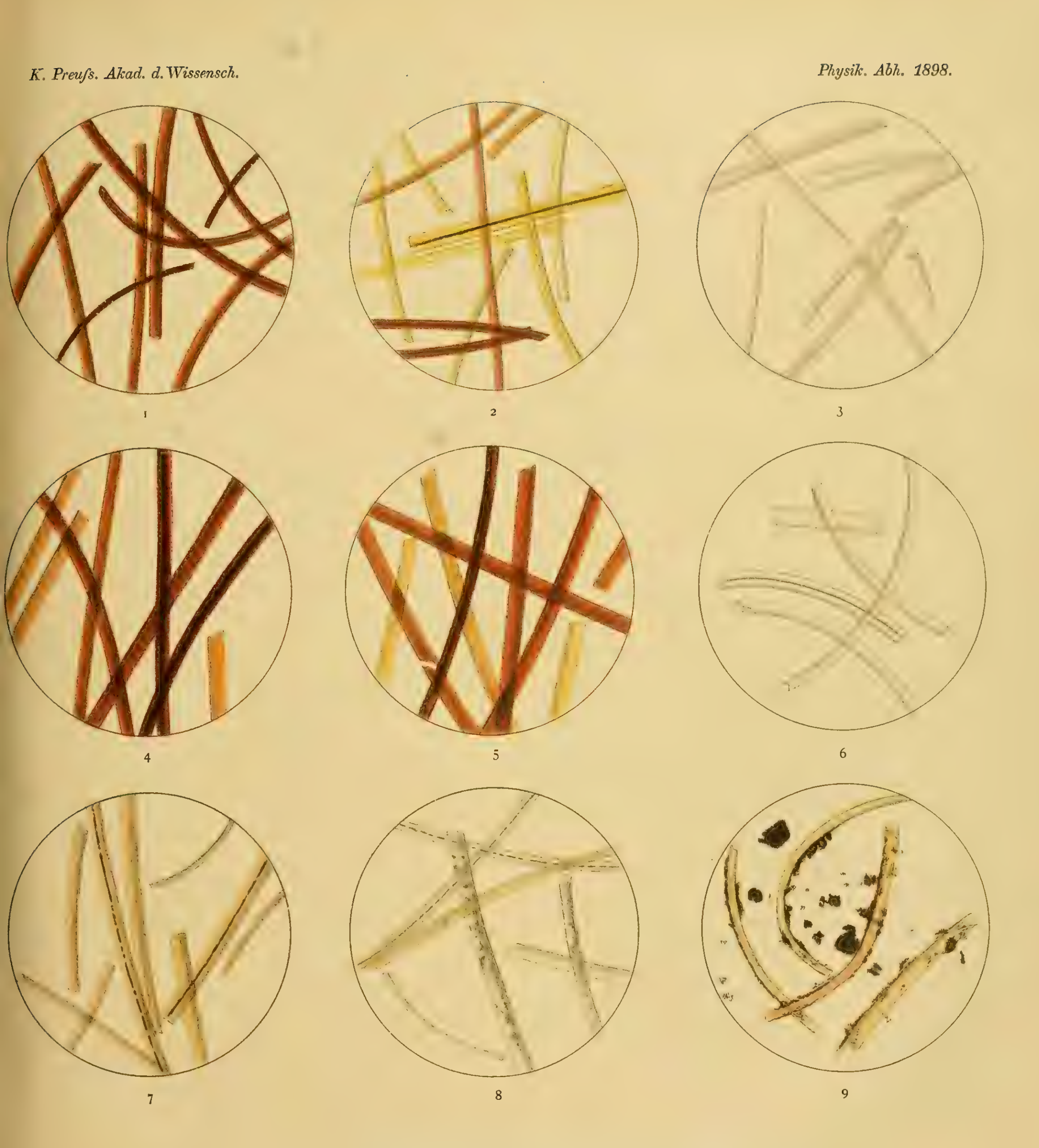
Fig. 7—9. Kopfhaar eines Neu-Britanniers, mit gebranntem Kalk behandelt (Fig. 8 und 9), nachträglich durch Henna gefärbt (Fig. 7).



Virchow: Prähistorische und protohistorische Aegypter.

Tafel I.





Virchow: Prähistorische und protohistorische Aegypter.

Tafel II.



PHILOSOPHISCHE UND HISTORISCHE

ABHANDLUNGEN

DER

KÖNIGLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

AUS DEM JAHRE

1898.

BERLIN.

VERLAG DER KÖNIGLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

1898.

GEDRUCKT IN DER REICHSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI GEORG REIMER.

Inhalt.



Die Verehrung der Quellen in Deutschland.

Von

H[rn.] WEINHOLD.

Gelesen in der Gesammtsitzung am 10. Februar 1898
[Sitzungsberichte St. VIII. S. 135].
Zum Druck eingereicht am gleichen Tage, ausgegeben am 7. März 1898.

Wer jemals durstig und müde auf langer Wanderung aus sprudelnder Quelle Erquickung und Stärkung der Glieder und der Gedanken schöpfte; wer je durch eine von Sonnenglut versengte Landschaft ging, die nur an den Rändern des Flusses noch Leben zeigte; wer es mit empfunden, wie der Gewitterregen die stickende Luft reinigte, duftige Frische ausströmte und wie sich dann Thiere und Pflanzen dankbar aufrichteten, oder wer aus heilsamem Brunnen und Bade die Hofnung, wol auch die Gewisheit neuer Gesundheit empfing, der hat an sich erfahren, was von Weltanbeginn die Völker der Erde zu dankbarer Verehrung des Wassers getrieben hat, vor allem zur Verehrung der Orte, an denen das wunderbare Element aus dem Schoſse der Erde springt, wo die *κεφαλὴ τοῦ ποταμοῦ*, das caput aquae nach römischem, das Brunnenhaupt (nd. burnhôved, ahd. brunnhoubit[1]) nach deutschem Ausdruck liegt. Als ein Göttliches erschien die Quelle den Völkern. Hier wohnte das übermenschliche Wesen. Gebet zu Bitte und Dank, weihende Opfergaben brachte der Mensch dar, heitere Feste schlossen sich der Spende an.

Der Kultus der Brunnen und Quellen geht als uralter Gottesdienst durch die Geschichte der Völker, mit Änderung der Empfänger der Verehrung, aber mit den gleichen Grundzügen von unberechenbaren Anfängen bis in die Gegenwart.

Das will diese Abhandlung für Deutschland aufzeigen, nicht mit der Meinung, unbekanntes zu bringen, aber mit der Hofnung, durch eine umfassende Behandlung des reichen Stoffes nützlich zu sein.

---

[1] Brunhoubit, Kaltenbahhes houbit (9. sæc.), Horiginpahes houbit (11. Jh.): Förstemann, Altd. Namenbuch II, 307. 704. Eine Anzahl andrer Ortsnamen, die von Fluſsquellen benannt sind, z. B. Bachhaupten, Schamhaupten, verzeichnete Schmeller, Bayr. Wörterb. I², 1143.

Aufser in den deutschen Mythologien ist über deutschen Quellenkult gehandelt von H. Runge, Der Quellenkultus in der Schweiz: Monatschrift des Wissenschaftl. Vereins in Zürich, IV. Jahrgang. Zürich 1859, S. 103–124. 202–206. — K. Lyncker, Brunnen- und Quellenkult in Hessen: Zeitschr. des Vereins für hessische Geschichte. VII. Band. Kassel 1858. S. 193–239. — O. Schell, Quellen- und Brunnenkultus am Niederrhein: Barmer Zeitung vom 1. und 8. April 1893. — H. Pfannenschmid, Das Weihwasser im heidnischen und christlichen Cultus, Hannover 1869. S. 79–96.

Über den norwegischen: A. Chr. Bang, Norges hellige Kilder efter Reformationen in den Forhandlinger i Videnskabs-Selskabet i Christiania, Aar 1885. Christiania 1886. Nr. 6.

I. Woher kommt das Quellwasser? — Die Mythe antwortet, aus dem Sitze der Götter, dem wolkensammelnden Himmel. Der Blitz spaltet die Wolken und die himlischen Wasser strömen zur Erde; der Blitz fährt in den Erdboden und der Quell springt hervor.

Dem dürstenden Herakles schuf nach hellenischer Sage Zeus durch seinen Blitz die lebende Quelle, die λιβὰς Ἡρακλῆος. Bei den Germanen ist Thunar der Quellenschöpfer gewesen: ein Doneres brunno wird im 9. Jahrhundert in einer fuldischen Urkunde erwähnt (Haupt, Z. f. d. Alterth. XII, 405). Sagen von dem Ursprunge irdischer Wasser durch den Blitz haben sich im Elsafs erhalten. Vor dem Weifsthurmthor in Strafsburg liegt ein quellreicher Sumpf, das Dunderloch[1]. Es rührt von einem gewaltigen Blitz her, der in den Wiesengrund schlug und einen verborgenen Born aufrifs (Stöber-Mündel, Sagen des Elsasses 1 Nr. 291). — Die Quelle des Bades von Dorf Sulz im Unterelsafs kommt aus dem Donnerloche, das durch einen Blitzschlag ausgewühlt worden ist. Die Heilkraft des Wassers erkante man, als bei einer Viehseuche eine Kuh, die aus diesem Loche trank, allein von allen Rindern des Dorfes gesund blieb (ebd. 2, Nr. 74)[2].

Ich glaube, dafs auch eine kärntische Sage auf den Gewitterursprung der Quelle zurückgeht. Vor Jahrhunderten sah ein Hirt in der Nähe von S. Leonhart im Lavantthal bei Sonnenuntergang einen blauen Schleier sich auf die Erde herabsenken. Am andern Morgen grub ein Rind an selber

---

[1] Dem entspricht in einer östergötländischen Grenzurkunde ein Tors måse, Grimms Mythol. 1, 169. 2. A.

[2] Von dem oberelsäss. Dorfe Sulz geht eine gleiche Sage, nur ist hier die Hauptsache, der Blitz, vergessen, ebd. 1, Nr. 113.

Stelle einen Brunnen aus (Vernaleken, Alpensagen Nr. 219). Der blaue Schleier ist die dunkle Wetterwolke. Es sind der Zahl nach wenige Sagen, aber ihr Inhalt genügt durchaus zum Zeugnis für den Blitz als Quellerzeuger, zumal viel andre deutsche Sagen die bekanten Vertreter des Blitzes in der Mythensprache, Waffe und Stab, in gleicher Thätigkeit kennen.

Am vollsten entspricht die Wurfwaffe, der Sper, dem Blitz. Odin ist der Sperschleuderer, wie die nordgermanische Mythologie noch überliefert.

In Nassing (Nassonge) im Luxemburgischen heifst eine Quelle la Pépinelle, die Pippin der Kurze durch einen Lanzenstofs hervorgeholt haben soll (Harou, Mélanges de traditionisme de la Belgique 94). Graf Arnold III. von Holland stiefs im Kriege mit den Westfriesen, um seinem dürstenden Here Wasser zu schaffen, nachdem er gebetet, seine Lanze in die Erde und frisches Wasser sprang hervor (J. W. Wolf, Niederländ. Sagen Nr. 34). In verderblicher Dürre bringt der verschmachtenden Creatur das Gewitter erquickendes Leben.

Von Karl d. Gr. erzählt Einhart in den Annalen zu 772, dafs nach der Eroberung der Eresburg und der dreitägigen Zerstörung derselben das fränkische Her in Durstesnot kam, weil alle Brunnen ringsum versiegt waren. Während des Mittagschlafes[1] des Königs sei nun durch göttliche Gnade aus einem nahen Berge eine so starke Quelle hervorgekommen, dafs aller Durst gestillt werden konte. Seit Reineccius (1594) ist die Erzählung auf den Bullerborn bei Oldenbeke, in der Nähe der Lippequellen, bezogen worden, der eine aussetzende Quelle ist. Einhart läfst den König unthätig; die Volkssage aber machte eine That Karls daraus und heftete sich an den Quickborn, südwestlich des Karlssteins: sie weifs, dafs der König mit seinem Schwerte das Wasser aus dem Berge schlug (Christ. Petersen, Hufeisen und Rofstrappen, Kiel 1865, S. 15). So wird auch in der Dordogne von dem Brunnen an der Karlskirche bei Toulon erzählt, dafs ihn Karl einst im Kriege bei grofser Wassernot mit dem Schwerte aus der Erde stiefs, als er verzweifelnd sich auf dasselbe stemmte (Revue des tradit. populaires XII, 529).

---

[1] In ähnlicher Art läfst die norwegische Sage von der heiligen Lidvorsquelle im Saetersdal für den frommen Lidvor, der stets nüchtern zur Vallekirke ging und einst auf dem Heimweg matt und durstig mit dem Wunsche, etwas Wasser zu haben, eingeschlafen war, während des Schlummers die Quelle entspringen. Bang, Norges hellige Kilder S. 6.

Die Wassernot ist in diesen Sagen treu überliefert. In andern wird sie durch ein jüngeres, unechtes Motiv verdrängt. Der starke Born nördlich von Jemke im Braunschweigschen soll entstanden sein, als ein Feldherr in der Schlacht ausrief: »Wir gewinnen so sicher als ich den Degen hier in die Erde stofse« (Zeitschr. d. Vereins für Volkskunde[1] VII, 132). — Die Quelle am Bruderhäuschen im Kastenwald bei Widensolen im Oberelsafs stiefs ein Graf mit seinem Schwerte aus dem Boden, der im Zweifel an der Treue seiner Frau zu ihr sprach: »Ist das Schwert, das ich hier in die Erde stofse, trocken, so ist deine Unschuld bezeugt; kommt es feucht heraus, so bist du schuldig«. Eine Quelle flofs hervor (Stöber-Mündel 1, Nr. 108).

Am häufigsten vertritt ein Stab den wasserweckenden Blitz. Moses in der Wüste und Rhea, die in Arkadien mit einem Stabe (σκήπτρῳ) eine starke Quelle aus einem Berge schlug, sind die ältesten Beispiele. Erinnern darf man auch an die Quellenfindung durch die aufschlagende haselne Wünschelruthe, sowie an eine südslavische Sage von der dalmatinischen Halbinsel Sabbioncello, wonach eine Vila (Elbin) einem Jüngling die Gabe verlieh, durch Klopfen mit einem Holzstabe überall, wo er wolle, Wasser zu finden (Zeitschr. f. Oesterreich. Volkskunde III, 301).

In den deutschen Sagen ist es in der Regel ein Kirchenheiliger, der in dürrer Zeit oder in dürrer Gegend seinen Stab in die Erde stöfst, um Menschen und Vieh, zuweilen sich selbst, Wasser zu schaffen, das meist auch mit Heilkraft begabt, also ein heilwâc ist. So der h. Willehad in Niedersachsen, der h. Ludger in Westfalen (Kuhn, Westfäl. Sagen 1, Nr. 97. 98), der h. Wilfrid und der h. Goar in der Eifel (Schmitz, Sitten und Sagen 1, 76), der h. Willibrord in Luxemburg (Gredt, Sagenschatz des Luxemburger Landes Nr. 34. 41), der h. Bonifaz im Fuldischen (Wolf, Hess. Sagen Nr. 209. Lyncker, Sagen und Sitten Nr. 267), der h. Ulrich in Schwaben und Elsafs (Meine Zeitschr. V, 418 f. Stöber-Mündel 2, 67), der h. Erhart (Panzer, Bayr. S. 2, 492) und der h. Wolfgang (Höfler, Wald- und Baumkult S. 36) in Baiern; dann der h. Gangolf (Hrotsvitae Passio S. Gangolfi) und im Elsafs ein namenloser Kapuziner (Stöber-Mündel 2, 481). In der Schweiz wird von S. Himerius, S. Gingolf und S. Lupicius (S. Loup im Waadtland) gleiches erzählt. S. Himerius berührte mit

[1] Ich werde sie der Kürze wegen fortab bezeichnen Meine Zeitschr.

einem Baumschöfsling die Erde, und eine Quelle nahe bei seiner Einsiedelei im S. Immerthale sprang hervor (Runge, Quellkult S. 109).

Verdorben ist der Bericht über den Braunsborn bei Querfurt in Thüringen, der durch einen Herrn von Brauns mit dem Stabe aus der Erde gestofsen sein soll (Kuhn-Schwartz, Norddeutsche Sagen S. 494). Gemeint ist Bruno von Querfurt, Apostel der Preufsen, der am 14. Febr. 1009 zu Braunsberg den Märtyrertod erlitt.

Auch die Sage vom Nikolausbrunnen zwischen Namlos und Fallerschein im Algäu gehört hierher, den S. Nikolaus aus dem wilden Gewände geschlagen hat, als er den Namloser Kindern an seinem Tage Gaben beschert hatte (Reiser, Sagen des Algäus 1, 60). Ein Par entsprechende Sagen aus der Bretagne und Cornwall seien beigefügt. In der Haute-Bretagne erzählt man von dem dort sehr beliebten S. Roch, dafs er in wasserarmer Gegend einer Bäuerin, die ihm von weither Wasser geholt, mit seinem Stabe einen Brunnen aus dem Boden stiefs (Sébillot, La petite légende dorée de la Haute-Bretagne. Nantes 1897. S. 65). In Cornwall soll der Jesuswell bei S. Minver durch zwei durstige Pilger erweckt worden sein, die mit ihren Stäben den reichen Quell aus dürrer Erde schlugen (Quiller-Couch, Ancient and holy wells of Cornwall, London 1894. S. 90).

Das mythische Wesen, das durch die Kirchenheiligen aus diesen Sagen verdrängt ist, taucht noch in einer oberösterreichischen aus dem Ipsthale auf, nach der ein Seemännchen einem durstenden Hirten Wasser aus dem Felsen schlug (Vernaleken, Mythen 166).

In manchen Sagen ist der stabführende Quellenschöpfer ein Hirt.

Der Lutterspring am Elm ist von einem Schäfer durch den Stofs seines Stabes aus dem Boden geholt worden (Kuhn-Schwartz, Nordd. Sagen Nr. 165). Der Schönberger Gesundbrunnen in der Oberlausitz entsprang 1643, als zwei Hütejungen mit ihren Stöcken auf die Erde schlugen, um sich im Dreschen zu üben (K. Haupt, Sagenbuch der Lausitz 1, 252). Der heifse Quell von Baden im Aargau sprang aus dem warmen Sumpf, als ein Hirtenbube seinen Stachelstock nach einem Eber warf, der sich im Sumpf wälzte. Er fehlte, der Stock fuhr in die Erde, und der heifse Strahl stieg empor (Rochholz, Sagen aus dem Aargau 1, Nr. 12). Das Motiv der dörrenden Hitze fehlt in diesen Sagen und ist zum Theil durch andere ersetzt, aber sie gehören doch wol hierher. —

Die Vergleichung der Waffen der Himmelsgötter, der heifsen Sonnenstrahlen und der Blitze, mit Hand und Fufs gehört uralter Mythensprache an. Als der h. Olaf mit seinen Leuten einst gegen ihren Durst kein Wasser fand, steckte der König seine Hand in den Hügel (i bakken) nahebei, und sofort entsprang ein klarer Quell (die St. Olafsquelle in Vikingstadvaagen auf Karmöen), der noch um 1840 gegen Augenleiden benutzt ward (Bang, Hellige Kilder S. 8). Durch das Eindrücken des Hutes in den Berg soll S. Olaf die Quelle in Grinnem, nahe dem Hofe Refsnäs, erweckt haben, als er einst dort vorbeizog (Bang, S. 7). Auch hier ist die Hand das schaffende Glied. In der Schweiz heifsen die sogenannten Donnerkeile, die Belemniten, noch Teufelsfinger (Schweizer Idiotikon 1, 865). Und so finden wir denn die Finger heiliger Leute als Quellenwecker. Der bretonische S. Anai steckte seinen Finger in einen Felsen, und eine Quelle schofs heraus (Sébillot, Légende dorée S. 190). S. Verena, die Wetterheilige der Schweiz, hub in der sumpfigen Aarniederung bei Klingau drei Finger gen Himmel, steckte sie in den Ufersand, und eine klare heilkräftige Quelle entsprang (Rochholz, Sagen 1, 12. 14). Das ist eine deutliche Umschreibung des vom Himmel in den Sand fahrenden Blitzes.

Den Fufs als Vertreter des wasserschaffenden Wetterstrahls überlieferte die Legende öfter. St. Olaf stampfte mit seinem Fufse, als er durstig war und Wasser mangelte, einen Brunnen aus dem Berge, die St. Olafsquelle in Birkelandsskoven in Konnesmo (Bang, Hellige Kilder S. 7).

Der Ottenbrunn im Dorfe Zirkefitz bei Treptow a. d. Rega entstund, als Bischof Otto für die Taufe der heidnischen Pommern dort kein Wasser fand. Er seufzte gen Himmel, stiefs mit dem Fufse in die Erde und Wasser quoll heraus (Blätter f. Pommersche Volkskunde V, 188). Die h. Hedwig, Herzogin von Schlesien, soll auf polnischem Boden bei einer Wallfahrt nach Harbelin (Kr. Schmiegel) einen Brunnen, den noch heute fliefsenden augenheilenden Hedwigsbrunnen erweckt haben. Eine ihrer Frauen fiel in Ohnmacht und da kein Wasser zur Labung dort war, scharrte die Herzogin mit ihrer Ferse eine Grube in den Sand, aus der Wasser flofs (O. Knoop, Sagen aus Posen S. 36). Bei dem Kirchlein zu Munzach in Baselland erschien einst die Mutter Gottes und wo sie ihren Fufs hingesetzt hatte, entsprang ein Heilquell, zu dem die Pilger durch Jahrhunderte kamen (Runge, Quellkult S. 109). Ganz ähnlich wird in Posen erzählt, dafs die Mutter Gottes einst bei der Kreuzkirche vor dem Städtchen Neustadt er-

schienen sei und wo sie stund, sprudelte ein heilkräftiger Quell hervor (Knoop, a. a. O. S. 35). Bei Pierric in der Oberbretagne ist eine 20—25^{cm} tiefe Felsgrube, die immer Wasser hat, la fontaine du pas du Saint, auch blofs Pas du Saint geheifsen, die entstund, als der Leib des h. Guingalois (Gwenole, Abt von Landévennec, 5. Jh.) in schwerer Kiste bei grofser Hitze dort von Mönchen hindurchgetragen ward. Der Führer des Zugs bat den h. Leib um Fürbitte bei Gott und stiefs darauf mit dem Fufse an den Felsen. Der Tritt machte eine Vertiefung und daraus kam das Wasser (Sébillot, Légende dorée S. 67 f.).

Einige Sagen verbinden die Quellerweckung durch Finger oder Fufs noch mit einem Sprunge: hier ist der niederspringende Blitz noch deutlicher. In der Pfalz erzählt man, dafs eine Schäferin von einem Jäger verfolgt ward und bei Dahn von einem Felsen heruntersprang. Sie verlezte sich nur an einem Finger (= sie stiefs mit dem Finger in die Erde) und wo sie niederfiel, entsprang ein Brunnen (Panzer, Bayer. Sagen 1, 197[1]).

Vergessen sind Finger und Zehe in der thüringischen Sagenform. Oberhalb Brotterode am Walde verfolgte ein Jäger oder Köhler ein Mädchen. Es sprang in die Schlucht hinab und verschwand, wo die Brautquelle noch heute hervorkommt (Wucke, Sagen der mittleren Werra. 2. A. Nr. 119). Wir erinnern uns hier der Verwandlung von Mädchen in Quellen in hellenischen erotischen Nymphensagen und der Geschichte vom Ungethüm Lamia oder Sybaris, das verschwand (ἀφανὴς ἐγένετο), als es von der Höhe herabgeworfen den Kopf am Felsen zerschlug und dafs dafür eine Quelle aus dem Gestein hervorbrach (Antonin. lib. Metamorph. synag. VIII).

In den eben erwähnten deutschen Sagen veranlafst die Verfolgung unschuldiger Mädchen den Ursprung von Brunnen. Ein Schritt weiter ist, dafs Quellen an der Todesstelle unschuldig Getöteter hervorbrechen.

Nach der Legende sprangen da, wo das abgeschlagene Haupt des Apostel Paulus mit drei Sätzen die Erde berührte, drei starke Quellen hervor (Hermann von Fritslar, Deutsche Mystiker 1, 149)[2]. Im langen Holz

---

[1] Nach anderm Bericht war das Mädchen zum Tode verurtheilt und hatte die Wahl zwischen dem Sprung und der Hinrichtung. Es sprang und verlezte sich nur an der Zehe. Wo es auf den Boden kam, quoll der Brunnen.

[2] Nach Runge, Quellenkult 109, entstund der Brunnen der drei h. Angelsachsen zu Sarmanstorf in der Schweiz da, wo ihre abgehauenen Köpfe zur Erde fielen. Nach Rochholz, Sagen 2, 282, lautet die Geschichte aber anders. Die starke Quelle von Nonza auf

zu Hünenberg im Ct. Zug quillt das Jungferbrünnlein. Dort sind vor Zeiten einige Jungfrauen von einem Zwingherren ermordet worden. Ihren seligen Tod zu bezeugen, entsprang das Wasser (Lütolf, Sagen, Bräuche und Legenden aus den fünf Orten Nr. 235). Das Schongauer Bad auf dem Lindenberge im Schlattholze (Aargau) kommt aus dem Mordbrunnen, an dem ein reicher Mann von Schongau elf Mädchen aufgehängt hatte. Bei dem zwölften misriet es ihm. Der Bruder eilte herbei und tötete den Bösewicht. An dem Mordbaume entsprang damals die Heilquelle (Rochholz, Sagen 1, 23).

Wo ein kirchliches Wunder das Wasser hervorruft, tritt die Naturmythe ganz zurück. Das wunderthätige Marienbild in der Rosenweiler Kirche im Unterelsafs war von den Schweden bei Zerstörung des Gotteshauses vergraben worden. Als die Einwohner es nach Abzug der Feinde suchten, sprang plötzlich eine Quelle dort hervor, wo das Bild lag. Sie fliefst heute noch reichlich (Stöber-Mündel 2, 51). Bei Öffnung des Grabes einer heiligmäfsigen Ordensschwester in der Klosterkirche auf der Au bei Steinen im 14. Jahrh. soll ein tiefer Sodbrunnen mit wunderbarer Heilkraft sich aufgethan haben (Lütolf Nr. 238).

Dafs frommer kirchlicher Glaube, brünstiges Gebet die Wasser der Erde und Steine hervorrufen läfst, darf nicht befremden; auch unser Heidenthum kann ihn gehegt haben.

Jene drei oberdeutschen heiligen Jungfrauen[1], die in der Tiroler Überlieferung S. Anbetta, S. Wilbetta, S. Werbetta heifsen, litten Hunger und Durst, als sie den steilen Weg von Mühlbach am Pusterthal nach Meransen hinaufstiegen. Da wuchs auf ihr Gebet ein Kirschbaum mit reifen Früchten aus dem Boden und ein frischer Quell sprang hervor (aus Sinnachers Beiträgen zur Geschichte von Süben und Brixen bei Panzer, Bayr. S. 1, 7).

Als der heilige König Olaf von Norwegen mit seinem Here einmal vor Durst verschmachten wolte, betete er zu Gott, und es entsprang die St. Olafsquelle bei Klingen im Waerdal (Bang, Hell. Kilder S. 9). Verwandt damit ist die Sage von der Quelle an der Vatnaaskirche im Sigdal. S. Olaf verirrte sich einmal auf der Jagd und war müde und von Durst verschmachtet.

Corsica, die der h. Juliana geweiht ist und unter dem Altar der Kirche hervorstürzt, wird auf die Blutströme zurückgeführt, die aus den abgeschnittenen Brüsten der Heiligen flossen (Meine Zeitschrift VIII, 97).

[1] Vgl. J. Zingerle, Sagen aus Tirol, 2. A. S. 596 f. Panzer, Bayr. Sagen 1, 281 bis 286. 378—380. 2, 548. J. W. Wolf, Beitr. 2, 175 f. Weinhold, Riesen d. germ. Mythus 26.

Da gelobte er eine Kirche an der Stelle zu bauen, wo er Wasser fände. Sofort entsprang ein Born aus dem Felsen und der König löste sein Gelübde (Bang S. 5).

Von dem h. Ulrich, der mit seinem Stabe mehrere Brunnen hervorbrachte, wird erzählt, dafs er den Ulrichsbrunnen von Möggers im Algäu durch sein Gebet erweckte, als er auf der Schülerwanderung von S. Gallen nach seiner Heimat Dillingen hier starken Durst litt (Reiser, Sagen des Algäus 1, 374). In der Kirche von Biberbach bei Beilngries in Baiern hängen Bilder der h. Gundhilt, welche von Gott zweimal Brunnen erbetete, die sie und ihr Vieh tränkten (Panzer 2, 47). Als Menschen und Vieh in Dürre verschmachten wolten, rief das Gebet der h. Adelheid, Äbtissin von Vilich, einen Brunnen, das Adelheidispüzchen zwischen Beuel und Siegburg im Bergischen Lande, hervor, einen Heilborn, zu dem noch jezt am 2. September gewallfahrtet wird (O. Schell, Bergische Sagen, Elberfeld 1897. S. 490).

Die heilige Hedwig dürstete einmal im Buchenwalde bei Trebnitz in Schlesien. Da betete sie zu Gott und warf ihren goldenen Ring hinter sich, und wo derselbe niederfiel, entstund der Brunnen, in dem man noch jezt den Ring sehen kann (Gödsche, Schlesischer Sagenschatz 58).

Im Syrthal im Luxemburger Lande ist der Märtesburn, der auf das Gebet des h. Martin hervorkam, als ihn und sein Pferd sehr dürstete (Gredt Nr. 874). Es ist ein Heilbrunn mit viel Wallfahrt.

Im Kloster Raute in Schwaben ist der Betenbrunnen. Weil es kein Wasser auf dem Klostergrunde gab, betete die gute Bete (Elisabeta bona) zu Gott, er möge ihr einen Brunnen schenken. Im Traum sah sie die Stelle, wo sich Wasser fand (Birlinger, Volksthüml. aus Schwaben 1, 415). Sie war bescheidener als der h. Ludgvan, der irische Missionar, der in Cornwall gepredigt und eine Kirche gebaut hatte. Er wolte ihr aber eine einträgliche Wallfahrt schaffen, darum betete er zu Gott um einen Brunnen neben der Kirche, und als er gegeben war, betete er weiter um drei Gaben für denselben: Heilkraft namentlich der Augen; Beredsamkeit für jeden der daraus trank, und drittens, dafs keiner, der aus dem Brunnen getauft sei, dem Stricke des Henkers verfalle (M. and L. Quillen-Couch, Ancient and holy wells of Cornwall, London 1894. S. 122).

Als einmal in Olsberg im Aargau grofser Wassermangel und dadurch Krankheit unter Vieh und Menschen herrschte, hielt man öffentliche Ge-

bete. Während da ein Kaplan am Klosteraltar die Messe las, hörte er plötzlich Wasser rauschen. Hinter dem Altar war ein Loch im Boden entstanden, aus dem ein starker Quell herausbrach (Rochholz, Sagen 1, 29).

In der Sage vom Trebnitzer Hedwigsbrunnen ist der Wurf des goldenen Ringes bedeutsam: eine Erinnerung an den Blitz. In der Algäuer Sage vom h. Ulrich ist der Stab nur vergessen, mit dem dieser Heilige sonst seine Quellen hervorstöſst. Der Martinsbrunnen in Luxemburg wird in älterer Überlieferung durch den Hufschlag des Rosses S. Martins herausgeschlagen worden sein. Genug, das bloſse Gebet scheint nur ein Niederschlag, der beim Vertrocknen der vollen Überlieferung oder bei Entlaugung der heidnischen Substanz übrig blieb.

In der norwegischen Sage von der St. Olafsquelle bei Lauvaas in Övrebö ward selbst das Gebet vergessen; man weiſs nur, daſs sie entsprang, als S. Olaf mit dem Here vorbeizog und das Wasser mangelte (Bang, S. 7).

Ich gehe nun zu den Thiergestalten über, denen die Mythe die Entstehung von Quellen zuschreibt; zunächst zu dem Rosse, unter dem die windgetriebene Wolke, besonders die fruchtbare dahinjagende Gewitterwolke oft zu verstehn ist[1]. Wir deuten nur auf die griechischen Hippokrenen auf dem Helikon, in Korinth und Troizene, um an das Alter und die Verbreitung jener Vorstellung zu erinnern.

Germanische Sage erzählt von Roſsquellen öfter. Saxo Grammaticus berichtet in seinen dänischen Geschichten (l. III. p. 120 Müller) in seinem geschraubten Latein, daſs Held Baldr seinen fast verschmachtenden Kriegern die Erde öfnete; an der herausströmenden Quelle labte sich das gesamte Her. Ein Ortsname habe das Andenken festgehalten. Wie P. E. Müller hierzu anmerkt, ist damit Baldersbrönd (Baldersbrunn) gemeint, ein Dorf mit starker Quelle, eine Meile von Röskilde an der Straſse nach Kopenhagen gelegen. Dort lebt noch die Sage, König Balders Roſs habe das Wasser mit seinem Hufe aus dem Boden geschlagen. Den Huf soll man vor Zeiten dort ausgegraben haben.

Von dem tapferen Sachsenherzog Widukind und seinem groſsen Feinde Karl wird entsprechendes erzählt.

---

[1] A. Kuhn in seiner Zeitschr. f. vergleich. Sprachforsch. 1, 451 und in der Herabkunft des Feuers 132.

Die herrliche wundersame Quelle in der Kirche von Bergkirchen in Westfalen hat König Wekings Rofs aus dem Felsboden gescharrt; die einen sagen, als derselbe in Zweifeln über den Vorzug des Väterglaubens und des fränkischen Christenthums über den Berg ritt und ein Zeichen verlangte; nach andern habe, als ihn ein bekehrender Mönch aufforderte, seinen Göttern zu entsagen, Wedekind gesagt: »Schaff mir Wasser aus diesem Stein und ich will mich taufen lassen«. Da habe sein Rofs mit den Hufen die Quelle herausgestampft (A. Kuhn, Westfäl. Sagen I, Nr. 294).

Die Karlssage hält sich in uns bekanntem Zuge. Der König war mit seinem Here in das Gudensberger Gebirge in Hessen gekommen. Er safs auf einem weifsen Pferde und sein Volk schmachtete in der Sonnenhitze. Da schlug des Königs Rofs einen Stein aus dem Felsen und aus dem Loche sprang eine starke Quelle heraus. Das ist der Glisborn zwischen Besse und Dissen, dem grofse reinigende Kraft zugeschrieben wird, aus dem aber die Bauern nicht trinken. Jener Stein mit dem Hufschlag ist noch in der Gudensberger Kirchhofsmauer zu sehen (v. Pfister, Sagen und Aberglaube aus Hessen und Nassau, Marburg 1885, S. 15)[1].

Auch die heifse Quelle in Achen soll König Karls Rofs aus der Erde geschlagen haben.

Den Landgrafenborn bei Metze am Kammersberge hat eines hessischen Landgrafen Pferd, als es an Wasser fehlte, aus dem Felsen geschlagen (v. Pfister a. a. O. S. 17. Lyncker in Zeitschr. f. hess. Gesch. VII, 202)[2].

Von der Bergkirchener Quelle (vgl. oben) hörten A. Kuhn und W. Schwartz eine andere als die Wittekindsage. Auf der Egge, wo Bergkirchen liegt, sind einmal zwei Brüder feindlich zusammengetroffen. Der eine kante den andern nicht wegen langer Trennung. Aber der andre sagte ihm, er sei sein Bruder; doch jener sprach: »So gewis mein Rofs kein Wasser aus diesem Felsen schlägt, so gewis bist du mein Bruder nicht«. Aber in dem Augenblicke hieb das Pferd mit dem Hufe auf den Stein und der Quell entsprang (Norddeutsche Sagen Nr. 273)[3].

---

[1] Vgl. oben S. 5 die Erzählung Einharts und die Sage von Bullerborn.

[2] Landgrafenbrunnen finden sich in Hessen noch bei Helsa, bei Ziegenhain und im Burgwalde zwischen Rosenthal und Münchhausen. Auch die Quelle der Nidda am Vogelsberge heisst der Landgrafenborn.

[3] Die an die Hildebrand- und Hathubrandsage erinnernde Geschichte von zwei Brüdern, die mit einander ohne sich zu kennen kämpfen, mit tragischem Ausgang ist in Norddeutschland nicht selten: Kuhn-Schwartz Nr. 254. 273. 285 (294. 319. 328).

Endlich die Sage von einem Grafen von Daun, der die Botschaft bekam, sein ganzes Schloſs sei mit der Frau, den Kindern, Dienern und allem versunken. Ungläubig ruft er: »das ist so unmöglich als daſs mein Falchert (das falbe Roſs), auf dem ich sitze, hier einen Born herausscharre!« Doch das Pferd scharrte wirklich eine Quelle aus der Erde, die noch heute der Falchertsborn heiſst. Man kann ihn auf dem Mäuseberg unweit Daun in der Eifel aufsuchen (Schmitz, Sagen und Sitten des Eifler Volkes 2, 71).

An die Stelle der Götter und Helden drängen sich auch in diesen Sagen die Kirchenheiligen ein.

Den Wilibaldsbrunnen bei dem Kloster Bergen im Eichstädter Sprengel schlug das Pferd des Heiligen aus dem Felsen (Rochholz, Drei Gaugöttinnen S. 6). Als der h. Bonifaz in Thüringen die Heiden bekehrte, scharrte sein Pferd, das ein krankes Bein hatte, einen Quellbrunnen aus der Erde, der so heilkräftig war, daſs das Bein sofort gesund ward (Wolf, Beiträge zur deutsch. Myth. 2, 94). Ebenso ist die Martinsquelle zwischen Le Clion und Pornic in der Haute-Bretagne, die aus einem Steine flieſst, durch einen Hufschlag des Pferdes des Heiligen entstanden (Sébillot, Légende dorée S. 48). Auf der Insel Man (zwischen Irland und Schottland) ist eine der berühmtesten Quellen die des h. Maughold, der zu den ältesten Heiligen des Eilands zählt. Es ist eine künstliche Cisterne, die nur durch einen steilen Abhang vom Mere getrennt ist. S. Maughold sprengte auf seinem Rosse von Irland nach Man hinüber und das Thier hieb auf dem Ufer der Insel seine Hufe so kräftig ein, daſs der Quell heraussprang, aus dem der Heilige und sein Gaul alsbald tranken. Das Wasser heilt alle Krankheiten (Folklore 5, 221).

Auf derselben Insel, auf Corrinshill, südlich von Peel ist S. Patricks Quelle (Chibbyr Noo Pherick), die ganz wie Maugholds Brunnen entstund. Als S. Patrick das erste Mal auf dem Rücken seines Gauls von Irland nach Man schwamm, verfolgte ihn ein Merungeheuer. Da sprengte er sein Thier den steilen Corrinshill hinauf, und wo es still stund, entsprang unter seinen Hufen eine schöne Quelle, aus der S. Patrick und das Roſs sich erfrischten. Sie heiſst auch die gesegnete (Chibbyr Sheeant) Folklore V, 225.

Wir dürfen wol auch die friesische Sage hierher bringen, daſs, als auf der Marterstelle des h. Bonifaz Kirche und Kloster gebaut werden solten, die gesuchte Süſswasserquelle dadurch zu Tage kam, daſs das Pferd eines Reiters mit den Vorderfüſsen einsank (J. W. Wolf, Niederländische Sagen Nr. 19).

In den norwegischen Olafsagen, die diesen Heiligen häufig mit Quellen in Beziehung setzen, wird merkwürdiger Weise nie erzählt, dafs sein Rofs das Wasser herausgestampft habe, sondern es ist davon nur der Rest übrig, dafs es S. Olaf in der Quelle getränkt habe (Bang S. 3. 4. 7).

Für das Pferd tritt in diesen Geschichten zuweilen der Esel ein.

Die heiligen drei Geschwister S. Walburgis, S. Oswald und S. Wilibald reisten zusammen in Ostfranken und hatten einen Esel bei sich. Derselbe scharrte drei Quellen aus: eine in Heidenheim, wo Walburgis ein Kloster baute, die andre in Auhausen, wo Oswald eins gründete, die dritte in Heilsbronn, wo Wilibald das gleiche that (Panzer, Bayr. Sagen 1, 132). — Bischof Adolf von Metz befahl, seinen Leichnam auf einen Esel zu laden und dort zu begraben, wo das Thier stehn bleiben werde. Auf einer Wiese vor Neuweiler im Unterelsafs, wo Adolf Pfarrer gewesen, machte der Esel Halt und scharrte eine Quelle aus, das unversiegbare Adolfibrünnlein. In Neuweiler begrub man den Bischof (Stöber-Mündel 2, 117). — Ganz verwandt ist die elsässische Sage vom S. Autorsborn. Der Bischof Drogo von Metz schenkte der Stadt Strafsburg die Leiber der Heiligen Castulus und Autor. Als aber der mit Ochsen bespannte Wagen bis zur Abtei Mauersmünster kam, blieben die Zugthiere auf einer Wiese stehn und waren nicht weiter zu bringen. Ein Ochse schlug mit dem Hufe dabei so gewaltig auf, dafs eine wasserreiche Quelle aufsprang, das noch heute als heilsam bekannte Autorsbrünnlein (Stöber a. a. O. 2, 70).

In der Eifel wird erzählt, dafs beim Bau der Kirche von Münstermaifeld zwei durstige Zugochsen bei grofser Hitze eine Strecke fortliefen und eine Quelle ausscharrten, den S. Severusborn (Schmitz, Sagen und Sitten 2, 76).

Wie bei S. Leonhart in Kärnten ein Rind eine Quelle aufgrub dort, wo sich Tags vorher ein blauer Schleier vom Himmel nieder gelassen hatte, ward früher (S. 4) berichtet.

Die Rinder sind bekannte Wolkensymbole der indogermanischen Mythologie und daher auch Verkörperungen der Wassergeister. So erscheinen sie auch in einer polnischen Sage. Nahe bei Bentschen in der Provinz Posen sind vor Zeiten ein Paar Kühe aus der Erde gestiegen und ebenda entsprang dann eine Quelle, die gegen Augenleiden sehr half. Ein Kreuz richtete man dabei auf (Knoop, Sagen a. Posen S. 35).

Nicht wenige Brunnen werden auf Eber oder Schweine zurückgeführt, ganz mythengerecht, denn der Eber, das wühlende Schwein, ist

ein Thierbild für die Wetterwolke, die Eberzähne sind die Blitze[1]. Namentlich sind es Warm- und Salzbrunnen, die nach der Sage von Schweinen aufgewühlt wurden: so die Teplitzer Quelle in Böhmen, die heifse Schwefelquelle von Baden im Aargau (Rochholz, Sagen 1, Nr. 11), das Wildbad im Schwarzwald (E. Meier, Sagen a. Schwaben Nr. 386), die Salzquellen von Halle a/S. (E. Sommer, Sagen Nr. 61), der Salzborn von Salzderhalden (Schambach-Müller, Niedersächsische Sagen Nr. 79). In ganz Schwaben heifst es von allen Gesundbrunnen, dafs sie von Ebern oder Schweinen aufgewühlt seien.

Dasselbe erzählt man von der Grönnerkeel in Flensburg auf dem Habermarkt, einem Kinderbrunnen (Müllenhoff, Sagen Nr. 124), ebenso von dem Brunnen unter dem Kiffhäuser (Kuhn-Schwartz, Nordd. Sagen S. 223). Die starke Quelle unweit Rübeland im Unterharz auf der braunschweigischen Grenze grub ein Schwein zugleich mit einer Glocke aus (Pröhle, Harzsagen 1886. S. 16). Von den Glockenbrunnen und Glockenteichen handelte P. Sartori in meiner Zeitschrift für Volkskunde VII, 115. 276.

Die Quelle der Wipper in Hinterpommern, ebenso den Ursprung des Wodscheinesees soll ein Wildschwein aufgewühlt haben (Knoop, Sagen aus Hinterpommern S. 89). Durch einen Drachen ist nach der Sage der Drachenbrunnen in der Nähe der Starzlachbrücke bei Wertach im Algäu entstanden. Ein Drache soll sich dort in den Boden eingewühlt und dem verborgenen Wasser den Abflufs verschafft haben (Reiser, Sagen d. Algäus 1, 265). Die vollständige Sage wird wol erzählt haben, dafs der Drache vom Himmel herunterstürzte und in die Erde fuhr, gleichwie Strabo (Geogr. XVI, 2) von dem Flusse Orontes in Syrien berichtet, dafs der von den Blitzen getroffene Drache Typhon in die Erde herunterfuhr, um sich zu verbergen und die Quelle des Orontes aufrifs. Ebenso brach die Quelle Sybaris bei Delphi heraus, als das Ungeheuer Sybaris oder Lamia, vom Felsen herabgestürzt, den Kopf an dem Felsen zerschmetterte, wie oben schon (S. 9) erzählt ist.

Eine Luxemburger Sage berichtet von dem Schlofsbrunnen der Ruine Falkenstein, der in hartem Schiefer ausgehauen ist, dafs eine Taube einen Tropfen Wasser aus ihrem Schnabel auf den Fels fallen liefs, der den Fels aushölte und mit Wasser füllte (Gredt, Sagenschatz Nr. 29). Die Taube

[1] A. Kuhn, Herabkunft des Feuers S. 202. W. Schwartz, Heutiger Volksglaube und das alte Heidenthum 2 A. 61 f.

ist eine der Vogelgestalten, welche die Wolkenfrauen annehmen[1]; jener Schlofsbrunnen wird also unmittelbar als Wirkung einer der Regen- oder Wassergöttinnen bezeichnet. Jedenfalls ist diese Sage von denen zu trennen, in denen eine Taube als Wegzeigerin zu einer Quelle auftritt. Auf die Entdeckung der Salzquelle in Salza bei Soden in Hessen soll eine Taube geführt haben. Ein Taubenborn, ein starker Quell mit geringem Salzgehalt, entspringt bei Witzenhausen (Lyncker in d. Zeitschr. f. hess. Gesch. VII, 204).

Von dem Taubenbrünnlein bei Feuchtwangen erzählt man, dafs Karl d. Gr. einst dort auf der Jagd von Durst totmatt war, aber niemand wufste einen Brunnen in der Nähe. Da flog eine Wildtaube aus dem Gesträuche und als man dort nachsuchte, fand man eine schöne Quelle (Birlinger, Aus Schwaben 1, 187). Einem Einsiedel in der Wildnis des Gschnait im Algäu wiesen Raben einen Brunnen (Birlinger, Volksthümliches a. Schwaben 1, 420).

In unsern Tagen hat der schwedische Reisende Svend Hedin im innern Asien gleiches erlebt. Als er mit dem einzig übrig gebliebenen Manne seiner Karawane verschmachtet in das vertrocknete Bett des Khotan kam, rettete ihn und den halbtoten Gefährten eine Wildente, die aus dem Schilf aufflog und ihn dadurch einen kleinen Wassertümpel finden liefs (Nationalzeitung vom 8. Nov. 1897. Nr. 626).

II. Ein göttliches Geheimnis umgab die Quelle, aus der das Wasser flofs, das durch den Blitz vom Himmel zur Erde gekommen war, und um so geheimnisreicher war diese Stätte, weil sie auch der Eingang zu den Mysterien der Unterwelt schien. Darum glaubte man in den Quellen ein göttliches Wesen wohnend, nicht eine grofse Gottheit, aber einen jener Ausflüsse der gotterfüllten Natur, wie sie den Menschen zum Heil und zur Hilfe sich in persönlicher Gestalt vieler Orten offenbarten, ein numen, wie die Römer es nanten. Diese Quellgeister nun sind überwiegend weiblichen Geschlechtes[2], entsprechend den nährenden, reinigenden, heilenden, begeisternden Eigenschaften des Wassers. Von ihnen ging Fruchtbarkeit

[1] Adalb. Kuhn, Herabkunft des Feuers 88. 91.

[2] Auch die Namen der deutschen Flüsse, soweit sie germanisch sind, gehören zum genus femininum.

aus über Menschen, Thiere und Pflanzen; bei ihnen suchte man Reinigung von den Leiden des Leibes, die als Flecken des Lebens erschienen; zu ihnen den geheimnisvollen gingen die Gläubigen, um Aufschlufs und Rat über die dunkele Zukunft und die Rätsel des Daseins zu erhalten. Göttliche Frauen belebten auch die deutschen im Dunkel der Wälder sprudelnden Brunnen und sie haben sich durch undenkliche Zeiten im Besitz ihrer alten Orte erhalten, wenn sie auch die Tracht und die Namen wechselten. In Legende und Volkssage leben sie noch heute fort[1], und geniefsen selbst kirchliche Verehrung.

Nur thun wir gut, die Quell- und Brunnfrauen von den Nixen der Flüsse und Seen zu scheiden, die zwar mit ihnen verwandt, aber nicht eins sind. Eine Nymphe Egeria und eine Nereide sind sehr verschiedene Wesen.

Auffallen könte nun, dafs in Hessen und Mainfranken, auf dem Harz, im Mansfeldischen, auch hier und da in Schlesien Frau Holle, der Niederschlag der grofsen vielnamigen Germanengöttin an Stelle der namenlosen Wasserfrauen niederen Ranges auftritt. Aber auch Aphrodite ist an Quellen, z. B. am Ursprung des Hyllikos, als Nymphe verehrt worden, nach Pausanias II, 32, 7, und als Wolkengöttin, welche Regen und Schnee zur Erde schickt, konte Frigg-Holle mit den Brunnen und den fliefsenden Wassern sehr leicht in Verbindung gesetzt werden.

Im untern Berge bei Hasloch am Main wohnt Frau Holle; nahe dabei im Main ist ihr Badeplatz, wo sie in der Stunde vor Tagesanbruch oder auch zur Mittagzeit badet, meist allein, zuweilen mit zwei andern Frauen (Wolf, Zeitschr. f. deutsche Mythol. I, 23 f.). Besonders auf dem Weifsner (oder Meifsner) in Hessen war ihre Kultstätte. Dort ist noch der Frau-Hollenteich, welcher unter dem wilden Felsgerölle der Kalbe tief und heimlich in einer Schlucht des Gebirges gebettet, sonnig zugleich und vom Schatten hoher Bäume umgeben, von einem verwitterten Steindamme eingeschlossen, in einer grünen Wiese liegt (Lyncker, Zeitschr. f. hess. Gesch. VII, 215). Weil man sie darin zur Mittagzeit hat baden sehen, heifst er auch Frau-Hollenbad (Grimm, Deutsche Sagen Nr. 4. 6. Lyncker, Hess. Sagen Nr. 20). In Oberhessen liegt zwischen Frischborn und Hopfmansfeld an einer steinichten Erhöhung ein Born, der Frau Holle Loch geheifsen,

[1] Was E. Curtius Quellinschriften S. 173 über die hellenischen Quellnymphen und ihr Fortleben sagte, gilt auch für die deutschen Wasserfrauen.

aus dem sie zuweilen Mittags herauskommt und im Wirbelwind herausfährt (Bindewald, Oberhess. Sagenb. S. 21). Eine Höle, nicht eine Quelle, ist das Wildholl-loch in einer Schlucht bei Seibertenrod, woraus die wilde Holle weifs gekleidet und freundlich Mittags hervorkommt (Bindewald a. a. O.). Die Wildfrau im Wildfrauborn bei Eckarthausen, die sich den Menschen, namentlich den Weibern freundlich erweist, ist ohne Zweifel auch die Holle (Bindewald 22).

Im salzigen See bei Eisleben badete sich Frau Wolle (so ist der Name in der Gegend entstellt); sie kam von einem steinichten Berge bei Aseleben herab (Sommer, Sagen aus Sachsen und Thüringen Nr. 6. 7). In den Harzsagen (Pröhle 1886, S. 199. 216. 223. 226 f. 237) tritt Frau Holle meist mit einer andern weifsen Frau auf und auch hier finden wir ihr Bad. Wenn erzählt wird, im Brunnen auf dem Harzburger Burgberge sitze eine weifse Jungfer mit Kaiser Rotbart zusammen (Pröhle a. a. O. S. 64 f.), so ist das Frau Holle, wie die Kiffhäuser Sage beweist, die Frau Holle zur Haushälterin Kaiser Friedrichs macht (Sommer, Sagen Nr. 2). In der Lauterberger Sage wird Frau Holle zur Kammerfrau der Lutterjungfer gemacht und wäscht ihren Schleier drunten in der Lutter (Pröhle, Harzsagen 1886 Nr. 224).

Das Herabsteigen von dem Berge zum Bade oder zum Waschen im Born oder Flufs findet sich stehend auch von einer oder mehreren weifsen Frauen erzählt: es ist der Ausdruck für die weifse Wolke, die sich aus der Höhe in den feuchten Waldgrund oder zum Flufs herabsenkt.

Zum Herlingsbrunnen am Ohrdrufer Schlofsberge in Thüringen steigt um Mittag die Schlofsjungfer nieder und badet sich drinnen; dann steigt sie wieder hinauf (Grimm, DS. Nr. 12. Sommer, Sagen Nr. 14). Gleiches erzählt man von der Liebensteiner weifsen Frau, die sich alle sieben Jahre im Auborn, nach andern im Glücksbrunner Teiche badet (Wucke, Sagen Nr. 175 2. A.); von der Seejungfer am böhmischen Erzgebirge, die sich im Queckbrünnel badet (Vernaleken, Mythen S. 197), von der Bornjungfrau, welche es alle hundert Jahre in der Aare thut (Rochholz, Sagen 1, Nr. 107).

Von dem Schlofsberge bei Landeck in Mittelfranken stiegen einst zwei weifse Fräulein herunter und badeten im Brünnle im Bilzgarten (Panzer 2, 199). Zu dem Jungfernborn bei Hirzenheim in Oberhessen kommen nach dem Volksglauben immer noch drei Jungfrauen Mittags 11–12 Uhr und baden darin (Bindewald, Oberhess. Sagenb. S. 67). In Mittelfranken er-

zählt man gleiches von dem Brunnen der Altenbirg bei Hofstetten und dem alle sieben Jahre ausbleibenden Jungfernbrünnle bei Herrieden (Panzer 1, 151. 160). Im Eithale im Aargau baden sich in einem Becken der Ergolz öfter drei Fräulein der Oedenburg. Es ist ein Zeichen für gutes Heuwetter, denn die Nebel und Wolken haben sich gesenkt und der Himmel ist rein (Rochholz, Sagen 1, 3). Zu dem Bache auf der Hollerwiese am Fufse des Engelberges bei Hirschau kamen weifs und schwarze Jungfrauen singend, badeten sich und kämten ihre langen Hare (Panzer 2, Nr. 352).

Elsässische Sage läfst eine ganze Schar weifser Jungfrauen alle sieben Jahre aus dem Gespensterfelsen bei Alberschweiler herauskommen und sich in der nahen Quelle waschen. Klagend gehn sie darauf in den Stein zurück (Stöber-Mündel 2, 80), wie das auch die weifse Jungfer der Hohenburg in den Vogesen thut, die lächelnd zu dem Maidenbrunnen herabkommt, die langen Hare darin wäscht, und weinend wieder hinaufsteigt (ebd. 2, 172). Das Weinen (ursprünglich der Regen nach dem Sonnenschein) entspringt dem Schmerz der in der Hofnung auf Erlösung getäuschten Wolkenfrau.

In der Hohenburger Sage, in der Aargauer vom Boddenmeitschi bei Oberlengnau (Rochholz, 1, Nr. 126), auch in der oesterreichischen vom Jungferbrünnlein am Kahlenberge (Vernaleken, Mythen 16) ist das strählen und waschen des langen Haares für das Baden der Jungfrau eingesetzt. Gleiche Vertretung dafür ist, wenn die weifse Frau der Burg Königstein im Aargau sich Wasser heraufholt vom Kuhrütlibrünnli am Berge Egg (Rochholz, Sagen 1, S. 143), oder wenn die weifse Frau des Bilsensteins in der Rhön mit zwei Katzen zum Bilsenborn, dem Ursprung des Baches Öchse kommt und daraus trinkt (Wucke Nr. 477), oder wenn die weifse Frau im Pilster bei Kothen auf der Rhön, die sich alle sieben Jahre zeigt, an dem Sauerbrunnen verschwindet (Wucke Nr. 333).

Eine Menge Sagen erzählen von einer weifsen Frau, die an einer Quelle erscheint oder aus derselben steigt, ohne nähere Angaben was sie thue; so in Niedersachsen (Schambach-Müller Nr. 126, 2. 3), in Brandenburg (Kuhn, Märk. Sagen Nr. 64), im Voigtlande (Eisel, Sagen Nr. 230ff.), in der Oberpfalz (Panzer 1, 105), Böhmen (Grohmann, Sagen S. 39), Graubündten (Vernaleken, Alpensagen Nr. 165). Andre bezeichnen sie als die zu erlösende Frau, so in Niedersachsen (Schambach-Müller Nr. 126, 1), in Mecklenburg (Bartsch I. Nr. 352, 359), in Ostpreufsen (an der Quelle

am alten Ordensschlosse in Kreuzburg, mündliche Mittheilung), am Harz (Pröhle 1886. S. 201. 203). Man kann ja diese Brunnenfrauen den Wolkenfrauen ganz gleich setzen und die Erlösung gehört dann zu ihrem Mythus. Aber auch auf die Nixen der Teiche und Seen ist Schatzhütung und Erlösungsbedürfnis[1] übertragen. Denn nach der Bekehrung zum Christenthum erschienen alle Dämonen des Heidenglaubens verflucht. Der Volksglaube gab ihnen aber das Bedürfnis nach Versöhnung und Erlösung und hielt sie auch für fähig der Erlösung, knüpfte dieselbe aber an schwere Bedingungen.

In dem heutigen bairischen Kreise Mittelfranken zeigen sich nicht selten drei Jungfrauen am Brunnen (Panzer I, Nr. 163. 192. II, Nr. 192. 310). ebenso im Werrathal (Wucke Nr. 280) und im Voigtlande (Eisel Nr. 231). In der Oberpfalz wird mit märchenhafter Ausführung von drei Fräulein erzählt, die in einem Schlosse an einem Weier wohnten. Sie gingen oft singend zu dem Teiche, legten ihre Schleier ab und schwammen als Enten darin herum. Ein Prinz vom Glasberge verliebte sich in die jüngste und gewann sie mit Hilfe einer Hexe (Panzer II, 120).

In der Schweiz auf dem Rigi wohnten drei Schwestern in einer Berghöle bei dem Heilbrunnen zum kalten Bad (Lütolf, Sagen aus den fünf Orten S. 295). Auf die drei h. Jungfrauen Anbet, Wilbet, Werbet wird der Brunnen zwischen Mühlbach und Meransen in Tirol zurückgeführt (Panzer I, Nr. 7). Die als Schwestern gedachten drei Jungfrauen leben namentlich noch auf altbairischem Boden (Panzer II, 119–160. H. Meyer, German. Mythol. S. 168 f.) und ergeben sich als Wolken- und Wasserfrauen, gleich den nordgermanischen drei Nornen, die den Brunnen unter dem Weltbaume hüten. Die Dreizahl ist die mystische beliebte Vervielfachung einer ursprünglichen Eins, so wie die 3 häufig zu $3 \times 3 = 9$ sich steigert (Weinhold, Die Mystische Neunzahl bei den Deutschen 1 ff.).

Auf die ursprüngliche Wolkennatur aller dieser weiblichen Quellgeister deuten besonders die Sagen von den geisterhaften Wäscherinnen. Sie treten einfach auf, dreifach, auch zu mehreren.

Einzelne Wäscherinnen an Quellen und Flüssen: das Börlwif: Schambach-Müller, S. 126, 4; Frau Holle: Pröhle, Harzs. S. 216; die Else im Bilstein: Bindewald, Ober-

[1] J. Grimm, D. Mythologie S. 461, 2. A. Weinhold, in d. Zeitschr. f. Volkskunde V, 123. Bartsch, Mecklenb. Sagen 1, Nr. 352. 546. Pröhle, Harzsagen S. 203 (1886).

hess. Sagenb. S. 24; das Rodensteiner Fräulein: Wolf, Hess. Sagen Nr. 44; die Leufelder Waschfrau: Schmitz, Eifler Volk II, 9; Wäschfrächen häufig in Luxemburg: Gredt Nr. 8 bis 20. 985 f.; Liebenstein i. Th.: Bechstein IV, 165; an der Werra und Rhön: Wucke Nr. 45. 48. 84. 105. 163. 405c.; in Thüringen: Witzschel I. Nr. 238, 2. 293, 5; im Voigtlande: Eisel Nr. 60. 63. 69. 82. 233; in Böhmen: Grohmann, Sagen 37. 141; in Schlesien: Gödsche, Sagenschatz S. 319. L. Weinhold, Zeitschr. VII, 443; in Posen: Knoop S. 21; in der Oberpfalz: Schönwerth 2, 228—30; in Schwaben: Birlinger, Volksth. 1, 62. 67. 136; in der Schweiz: Rochholz, Gaugöttinnen 139. Lütolf Nr. 226. — Drei Wäscherinnen: Oberhessen, Bindewald S. 67; Werrathal: Wucke Nr. 85, 455. Böhmerwald: Grohmann, Abergl. Nr. 35. Baiern, Tirol: Panzer I, 1. 9. 11. 40. — Mehrere: Grohmann, Sagen S. 88.

W. Mannhardt (Germanische Mythen. 1858. S. 651. 654) und Grohmann (Sagen aus Böhmen. 1863. S. 87), später auch L. Laistner (Nebelsagen. 1879. S. 96. 145. 259) haben bereits die von diesen Frauen aufgehängte oder über das Gebüsch gespreitete Wäsche zutreffend auf die Nebel und Wolken gedeutet, die an den Bergen und Wäldern streichen. Sie geben auch Wetterzeichen: wenn sie ihre Wäsche spülen oder trocknen, ändert sich das Wetter (Rochholz, Sagen I. Nr. 128, 1. 2. II, S. 362. Panzer I, 1. 9. 11. K. Haupt, Sagenbuch S. 46). Besonders im Frühjahr und Herbst bemerkt man sie. Aus dem Born unter der alten Linde im Bornwäldchen bei Elchen in Oberhessen steigt im Herbst das grau und weifsgekleidete Weibchen heraus und wäscht sein Leinenzeug (Bindewald S. 26). Dagegen kommt das Müselifräuli im Freiamt im Aargau im Frühjahr aus dem Muselibrunnen zum waschen (Rochholz, Sagen I, Nr. 128, 9).

Die Handlung des Waschens selbst dieser geisterhaften Weiber ist von dem Plätschern des fliefsenden Wassers[1] abgeleitet. Und nicht blofs die deutsche Phantasie that so, sondern auch die der benachbarten Slaven, der Polen (Knoop, Sagen aus Posen S. 21) und der Čechen (Grohmann, Sagen S. 90). Die bretonische Phantasie, die unaufhörlich sich mit den Schrecken des Todes beschäftigt, hat diese Wäscherinnen (kanorez-noz, maouès-noz) zu bösen Nachtgespenstern gemacht (Le Braz, La légende de la Mort. Paris 1893. S. LII f. 376 f.).

Da wir fast überall nur aus jüngerem Volksaberglauben schöpfen können, finden wir manche Verwirrung und Entstellung in den Über-

[1] Wenn die Wurzel von nich-us, nic-or, nich-esa wirklich germ. nik ist, das mit *νιγ-* in *νίζειν*, *νιπ-* in *νίπ-τειν* sich deckt, so würde nichesa, Nikse, die Wäscherin bedeuten.

lieferungen von den Quellgöttinnen. Sie werden zu Truden und Hexen herabgedrückt, die ihre Versammlungen an den Quellen halten (Wolf, Beiträge 1, 165. Runge, Quellkult 217. Rochholz, Sagen 1, 196. 2, 180. Vernaleken, Alpensagen Nr. 106. Temme, Sagen der Altmark 145. Müller, Siebenb. Sagen Nr. 152), oder gar wie bei dem Kronenbrünnli ob Sarmenstorf im Aargau zu schwarzen Heiden (Rochholz 2, 256). Heidenbrünnlein heifsen mehrere Quellen in der Schweiz: zu Grindelwald, zu Holee bei Binningen, zu Oberhof im Aargau (Runge, Quellkult 111 f.).

Unter den schwarzen Heiden (vgl. auch Rochholz 1, 270) sind freilich die Unterirdischen, die Zwerge gemeint, welche in den Sagen sehr oft mit den Wassergeistern vermengt werden[1]. Diese Erdmännlisbronnen (Zimmernsche Chronik IV, 229), Zwerg- oder Quargbrunnen (Schell 521), Wichtelbrunnen (Lyncker, Zeitschr. f. hess. Gesch. VII, 210)[2], Doggelibrunnen (Rochholz, Sagen 1, 270) bezeugen, dafs die Quellen als die Pforten zur Unterwelt und damit auch zur Totenwelt gedacht wurden. Die Erd-, Wasser- und die Luftgeister bilden mit den Menschenselen, den ungeborenen und den vom Leibe wieder geschiedenen, eine grofse Gemeinschaft. Gespenstische Züge längst Verstorbener verschwinden in den Gewässern (Bindewald S. 175).

Von gewissen Brunnen glaubt das Volk, dafs sie der Eingang zur Hölle seien, wie die Düwelskule in der Schwaner Heide (Mecklenb. Sagen 1, Nr. 548), oder dafs sie bis zur Hölle hinabgehn: so vom Kessel, einer grofsen Quelle in Zwifalten (Birlinger, Volksth. aus Schwaben 1, 130). Bei dem grofsen Gumpen (Stromwirbel) in der Donau hört man gar die Teufel drunten in der Hölle sprechen. In Hessen giebt es mehrere Teufelsborne: so der Brunnen, der die Stadt Schwarzenborn mit Wasser versorgt, dann einer unter dem Burghasunger Berge, in der Flur von Iestädt der Diebelsborn (Lyncker, Zeitschr. f. hess. Gesch. VII, 228). Manche Brunnen heifsen die Hölle: so zu Inzikofen in Hohenzollern (Birlinger, Aus Schwaben 1, 191) und der Höllbrunnen bei Böhmenkirchen auf der Alb (E. Meier,

---

[1] Kuhn, Westfäl. Sagen 1, 51. 21. Jahn, Pommersche S. Nr. 193. Schell, Bergische Sagen S. 521. Witzschel, Sagen a. Thüringen 1, Nr. 149. Wucke Nr. 639. v. Pfister, Sagen S. 45. 47. Zeitschr. f. Volksk. VII, 444. Grohmann, Sagen 141. Rochholz, Sagen 1, 313. Vernaleken, Mythen 171. 175.

[2] Der Wichtelborn auf der Wichtelwiese am Wichtelberge in der Sandershauser Flur in Hessen. In dem Brunnen haben einst die Wispelmännchen gewohnt, Lyncker a. a. O.

Sagen 263), beide als Kindlesbrunnen bekannt, was weiter auf ihren alten mythischen Ruf deutet. Auch der Hellbrunnen im Hellgraben im Walde Walern bei Waldsassen in der Oberpfalz (Panzer 2, 80) gehört vielleicht hierher[1]. Ein altes Zeugnis für die hier behandelte Vorstellung giebt das Gedicht Heinrichs des Gleichsners Reinhart Fuchs (v. 865 ff.): bei einer Äffung des Wolfes durch den Fuchs wird die Tiefe des Brunnen als das Himmelreich der Verstorbenen vorgespiegelt. Märchen kennen die Brunnen als Einfahrtschächte zur geheimnisvollen Unterwelt (Panzer 1, 277). Aus dieser herauf hört man in den Brunnen die Hähne krähen (Panzer 2, Nr. 205. 206. Schell, Bergische Sagen S. 253), wovon denn solche Brunnen Hahnenbrunnen heifsen, wie der bei Schlehenhof, Bezirk Falkenstein in der Oberpfalz (Schönwerth 2, 172).

Nach allem gesagten versteht es sich leicht, dafs die Quellen und Brunnen mit gespenstischen Erscheinungen in Verbindung gebracht werden; davon kommen auch die Benennung der enterische brunne unweit Niedertann in Oberbaiern (Höfler, Wald- und Baumkulte 156), und der ungehiure brunne (E. Meier, Sagen S. 75. Birlinger, Aus Schwaben 1, 189).

Am Capellerborn in Aargau wohnt der Dürst oder Wilde Jäger und beim Bachteler oder Allerheiligenbad seine Geliebte (Rochholz, Sagen 1, 177). Der Stiefelireiter, eine Art wilder Jäger, der auf dem Maiengrün haust, tränkt sein Pferd im Brunnen des dortigen Bauern (ebd. 2, 301). Aus dem Bache im Momerbusche zwischen Knesebeck und Vorhop in Niedersachsen steigt in der Nacht ein Schimmelreiter ohne Kopf heraus (Meine Zeitschr. VII, 132). Der kopflose Schimmelreiter von Bilstein bei Ilefeld verschwindet am Brunnen auf dem Burgberge (Pröhle, Harzsagen S. 236), ein andrer am Teiche vor dem Wolfsholze bei Wernigerode (ebd. S. 28). An Wuotan[2] selbst bei diesem wilden Jäger oder unseligen Schimmelreiter zu denken, überlasse ich anderen; ich finde nur ein dämonisches Naturwesen, einen weifsen Wolkengeist, der sich auf die feuchte Stelle senkt und sich von ihr wieder erhebt. So erscheint auch das Birkefraeche im

---

[1] Es sind durchaus nicht alle Ortsbenennungen und Namen von Schluchten, Gründen, Bächen, Brunnen, Wegen, die mit Helle oder Hölle zusammengesezt sind, auf Tod und Teufel zu beziehen.

[2] Noch weniger darf bei den Donnersbrunnen oder Thorsquellen daran gedacht werden, dafs man den Donnergott darin hausend glaubte. Sie weisen nur darauf, dafs der Donnergott sie entstehn liefs.

Birkenmor bei Mutfort in Luxemburg zuweilen als Schimmel (Gredt, Sagenschatz Nr. 39, 2).

Jene mysteriösen Thiergestalten, in die sich die Wassermänner der Flüsse und Seen gern wandeln, kommen zuweilen auch aus Quellen. So der Wasserstier aus dem Fatabrunnen in Mettersdorf in Siebenbürgen (Müller, Siebenb. Sagen S. 39, 2. A.) und aus dem Gespreng (Quelle) in Kronstadt (Wlislocki, Volksgl. der Siebenb. Sachsen S. 34). In Hosterschlag in Böhmen stiegen aus dem Kellerbrunnen grünröckige Männer mit einem Pferdefuſse (Grohmann, Sagen 167), ursprünglich also Wassermänner in Roſsgestalt[1]. Das Schwein, das in deutscher Mythe als Unterweltsthier auftritt, läſst eine polnische Sage aus Niechanowo bei Gnesen auch aus einer Quelle kommen (Knoop, Sagen aus Posen, S. 28).

Bei dem Siegenborn am Siegenberge bei Vacha liegt der gespenstische Siegenhund (Wucke Nr. 271). Eine der Solquellen von Reichenhall hieſs im 12. Jahrh. der Huntesprunne (Panzer 1, 340). Ein Hundsborn quillt auch bei Ruhlkirchen in Hessen (Zeitschr. f. hess. Gesch. VII, 233). Der Hund ist ein Unterweltsthier.

Noch andre Thiergestalt nehmen die proteusartigen Quellgeister an. So zeigt sich an einer Quelle auf dem Pilatusberge in fruchtbaren Jahren eine Frau mit zwei weiſsen Geiſsen, in unfruchtbaren mit zwei schwarzen (Runge in d. Mittheil. der Antiquar. Gesellsch. in Zürich, XII, 167, Lütolf, Sagen Nr. 215). An dem Dosbrunnen bei Wemdingen im bairischen Kreise Schwaben erscheint eine weiſse Frau mit dreibeinigen Hasen (Panzer 2, Nr. 202).

Mit der göttlichen Belebung der Brunnen hängt die lebenschaffende Kraft derselben genau zusammen. Von dem göttlichen Wesen geht alle Befruchtung aus: das Wasser ruft nicht bloſs Gras und Laub hervor, es hegt auch die Keime der Menschen.

Frauen, die unfruchtbar waren, werden durch Trunk und Bad in gewissen Quellen fruchtbar. Heute gilt das als Wirkung besonderer chemischer Substanzen; die Vorzeit schrieb es göttlichen Mächten zu.

Das warme Verenabad zu Baden im Ergäu heiſst das heilige. Mitten im Becken steht das hölzerne Bild der h. Verena, dem junge Ehefrauen

[1] Grimm, Mythol. 458. H. Meyer, Germ. Mythol. 105. Liebrecht, Gervasius 132 f.

Wachskerzen opfern und es mit Blumen bekränzen. In der Nacht stecken sie heimlich ein Bein in die heiſse Quelle, das Verenenloch (Rochholz, Sagen 1, 15). Die jetzt versiegte Quelle in der Gemeindemark des Dorfes Büttisholz im Entlebuch besaſs gleiche befruchtende Kraft. Auch sie hieſs Verenenloch (Rochholz, Gaugöttinnen S.135). Die Schweizer Heilige Verena vertritt nur eine heidnische germanische Göttin, deren Namen in Hessen sich erhielt. Dort stiegen die Weiber, die Kindersegen begehrten, auf die Höhe des Weiſsner und badeten im Frauhollenteich (vgl. oben S.18).

In der Oberlausitz badeten die Bewohner von Rauschwitz und Kindisch am Ostermorgen sich und ihr Vieh in der aufgestauten Quelle am Hochstein, weil das fruchtbar mache (K. Haupt, Sagenbuch 1, 16).

Häufiger knüpft der Glaube die segnende Wirkung an Trinkquellen.

Wenn eine Frau gern ein Kind hätte, so braucht sie nur vor Sonnenaufgang zu dem Wildfrauborn bei Einartshausen in Oberhessen zu gehn und schweigend dreimal daraus zu trinken, »so battets ihr gewis« (Bindewald S.22). Gleiche Wirkung schreibt man zu der Gangolfsquelle an der Milsenburg in der Rhön; dem nun versiegten Born bei Bimbach im Grunde; dem heiligen Born bei Zierenberg in Hessen; dem Kinderbrunnen in Goslar, der Quelle Groesbeek in Spaa (bei der die Frauen einen Fuſs in des h. Remaclus Fuſsstapfe setzen), dem Queckbrunnen in Dresden; dem Born an der Annenkapelle über Seidorf im schlesischen Riesengebirge[1].

Auch in anderen Ländern sind die fruchtbaren Bäder und Trinkbrunnen bekannt.

Tiefen mythischen Grund haben die Kinderbrunnen, jene Quellen also, aus denen nach dem über ganz Deutschland verbreiteten Glauben die kleinen neugeborenen Kinder gefischt oder vom Storch oder der Hebamme geholt werden. Hier und da hat sich die Überlieferung erhalten, daſs sie von Frau Holle kommen, zu der (oder zu der nur anders benannten Frau Perchte) auch die Selen der sterbenden Kinder zurückkehren und ihr Gefolge bilden. Holle wird als mütterliche Beschlieſserin der Kinderselen im Wasser noch genannt in Hessen, am Harz und in Schlesien (Lyncker, Sagen Nr.117. Pröhle, Ztschr. f. d. Mythol. 1, 196. Weinhold, Deutsche Frauen S.36 1.A.). Die weiſse Frau ist zuweilen an ihre Stelle getreten (E. Meier Nr. 294. Bindewald S.68. Pröhle, Harzsagen S.216). Nach einer

[1] Lyncker Nr.120. 119. Wolf, Hess. Sagen Nr.16. Pröhle, Harzsagen S.87. Wolf, Niederl. Sagen Nr.143. Schäfer, Städtewahrzeichen 1, 120.

niedersächsischen Sage aus Klein-Lengden bringt die Wasserjungfer den Eltern die Kinder (Schambach-Müller S. 60). Wie nicht selten, ist auch in dieser Vorstellung die Heilige Jungfrau für die heidnische Göttin eingetreten. So werden die Kölnischen Kinder aus dem Brunnen der S. Kunibertskirche geholt: da unten sitzen sie bei der Jungfrau Maria, die sie mit Brei füttert (Rochholz, Sagen 1, 17). Im Brunnen im Balkhäuser Thale unweit Jugenheim an der Bergstrafse sitzen die Kinder bei der Mutter Gottes und dem heil. Johannes, die mit ihnen spielen (Wolf, Hess. Sagen Nr. 17).

Nach andrer Überlieferung wohnen die Unterirdischen mit den kleinen Kindern im Wasser zusammen: so im Gütchenteiche[1], der noch vor fünfzig Jahren einsam in einer Senkung an der Nordseite von Halle a/S. lag und für einen Wohnort elbischer Geister galt (E. Sommer, Sagen Nr. 20 mit Anmerk. S. 170).

Die Elben und die menschlichen Selen (ungeborene und abgeschiedene) gehn überall nach den indogermanischen Mythen in einander über. Eine beliebte Thiergestalt der Sele ist die Maus. Daher werden auch die Teiche mancher schlesischer Städte, die den Namen Mäuseteiche führen, als Kinderteiche zu deuten sein: der Mäuseteich vor Reichenbach i/Schl. gilt ausdrücklich als Kinderquelle der Stadt.

Der Volksglaube an die Herkunft der Kinder aus den Wassern[2] ist bei uns besonders lebendig in Hessen, von wo eine Menge Kinderbrunnen genannt werden (Lyncker in Zeitschr. f. d. hess. Gesch. VII, 218 f. Wolf, Hess. Sagen Nr. 17. 211. 267. Bindewald S. 30 f. 68), in Nassau (Kehrein, Volkssprache 1, 305), in Niedersachsen (Schambach-Müller, S. 60. 341), auf dem Harz (Pröhle, Harzsagen von 1868 S. 6. 10. 21. 34 f. 200. 216 f.), in Schwaben (E. Meier S. 263. Birlinger, Volksth. 1, 140), in der Schweiz (Rochholz, Sagen 1, 17. Gaugöttinnen 130)[3]. Der Glaube ist auch aus dem Elsafs, dem Voigtlande, aus Schlesien, aus Schleswig (Flensburg) nachzuweisen. Aus den Ländern bajuvarischen Stammes kenne ich ihn nicht.

---

[1] Vielleicht sind der Güty- oder Göttelbrunnen zu Ufhausen in Baden, im 15. Jahrh. erwähnt (Mon. Anzeiger VI, 228), und die beiden Goedebrunnen in Braunschweig, aus denen die dortigen Kinder kommen, auch auf die Guten Elben (good people) zu beziehen.

[2] Er herrschte ebenso in Griechenland: *ποταμοὶ δὲ καὶ λίμναι καὶ Νύμφαι καὶ Ἐφυδρίδες ἀγαθαὶ πρὸς παίδων γονήν*, Artemid. 2, 38.

[3] Die Angabe Runges, Quellk. 122, in der Schweiz kenne man keine Kinderbrunnen, war unrichtig.

Im čechischen Böhmen glaubt man, dafs das ungeborene Kind als Fisch im Wasser lebe und von der Hebamme im Netz gefischt werde (Grohmann, Aberglaube Nr. 750. 751), oder auch dafs die Kinder vor der Geburt als kleine Frösche auf einer grünen Wiese herumspringen und vom Thau leben. Sind sie gröfser geworden, so schwimmen sie auf dem Bache, der durch die Wiese fliefst, zu den Wohnungen der Menschen, oder auch eine Krähe nimmt sie und trägt sie an ein Fenster (ebd. Nr. 743).

In manchen Orten kommen die Knaben und die Mädchen aus verschiedenen Brunnen: so in Odagsen und in Vardeilsen (Schambach-Müller S. 60), in Gelnhaar in Oberhessen (Wolf, Sagen Nr. 17), zu Schleiz im Voigtlande (Eisel Nr. 639).

In Kürze sei hier auch über die Augurien und die Lofsungen einiges gesagt, die sich bei den Deutschen, welche nach Tacitus (German. c. 10) die Erforschung der Zukunft sehr liebten, an die Quellen und die Gewässer überhaupt knüpften.

Plutarch bereits erzählte (vita Caesar. c. 19), dafs die germanischen Seherinnen durch Beobachtung des drehens und rauschens der Stromwirbel die Zukunft erforschten, und was Agathias (I, 7) über die Verehrung der *ῥεῖθρα ποταμῶν* bei den Alemannen sagt, wird damit zusammenhangen. Pabst Gregor III. verbietet 731 in seinem Erlafs an die Fürsten und an das Volk der germanischen Provinz unter andern auch die fontium auguria. Dieselben konten sehr verschieden sein. Die Bewegungen der Wellen, die Töne, die man zu hören glaubte, der hohe oder niedere Wasserstand, das Aussetzen des Zuflusses der Quellen auf kürzere oder längere Zeit in den zahlreichen sogenannten Hungerquellen, dann die eigentliche Lofsung durch Pflanzen, Kränze, Stäbe, Steine und andere Dinge, boten viel Mittel, um den Ausgang wichtiger Sachen, Lebensdauer, Zeit der Verheiratung oder sonstiger Ereignisse zu erkunden. Doch auch zur Erforschung der Wahrheit, wie bei der keltischen Wasserprobe echter Geburt (Julian. apost. epist. ad Maxim.) und der späteren Hexenprobe mufste das Wasser dienen.

Uralt ist die Weissagung von der Wasserfrau unmittelbar.

Im Krimelloche, einer Quelle zwischen Ranis und Pöseck im Voigtlande, wohnte eine weifse Frau (mit Ketten angeschlossen), zu der die Leute der Gegend gingen um sich Rat bei ihr zu holen (Eisel Nr. 257). Bei einer

Quelle am Pilatus erscheint jedes Frühjahr eine »Fee« und verkündet durch die Farbe ihrer zwei Geifse, ob das Jahr fruchtbar oder unfruchtbar sein werde (oben S. 25). Im Weizelsdorfer Mor zwischen Hollenburg und Feistritz in Kärnten hausten einst Frauen, die den Leuten singend verkündeten, welche Getreideart in dem Jahre besonders gedeihen werde (Vernaleken, Alpensagen Nr. 154). Von den Teichen um Polička in Böhmen wird erzählt, dafs sich die Wasserfrau bei Mondschein in ihnen zeige. Wer sie zuerst erblickt, wird das ganze Jahr Glück haben. Wenn sie singt, trift den, der sie hört, Unglück. Komt sie ans Land, so steht der Gegend Überschwemmung oder andres Unheil bevor (Grohmann, Abergl. Nr. 11).

Der Wassergeist zeigt in Fischgestalt Tod an. Wenn sich im Ülmener Mor in der Eifel die grofsen Hechte sehen lassen, so stirbt nach Seb. Münsters Cosmographie S. 720 ein Ganerbe des Hauses Ülmen (Schmitz, Sagen 1, 73). In dem Rotsee bei Luzern erscheint ein ungeheurer Fisch, wenn der Herr des Sees im selben Jahr sterben soll (Lütolf Nr. 222). Im Fischteiche von S. Moriz zeigt eine tote Forelle den nahen Tod eines Chorherrn an, im Zuger See, ein Fisch grofs wie ein Einbaum Krieg, Pest und Theurung (Runge, Quellk. S. 120).

Die Fulda steht nach alter Sage im Laufe still, wenn ein regirender Fürst des Landes Hessen oder eine Fürstin sterben sollen (Grimm, DSagen Nr. 111). Auf einem Berge in Franken quillt bei einem adlichen Stammschlosse ein reichlicher Brunnen; derselbe hört zu fliefsen auf, wenn eins aus dem Geschlechte sterben mufs (Grimm, a. a. O. Nr. 104).

III. Aus dem Glauben der heidnischen Deutschen an göttliche Wesen in den Quellen folgt die Verehrung, die den Quellen erwiesen ward. Der lebendige Glaube an die Gottheit fordert ihren Kultus, die Götter leben von den Opfern.

Man kennt den Kultus der Quell- und Brunnennymphen bei Griechen und Römern: die ihnen gewidmeten Bauten, die Pflege der Heiligthümer durch Priester, den Schmuck durch Pflanzen, die Weihegaben, die Opfer und Opferschmäuse. In ähnlicher und gleicher Art haben die Deutschen diesen Kultus geübt. Denn wenn uns auch die Inschriftsteine als Beweise fehlen, so erkennen wir doch durch alte Nachrichten, durch manche Funde und

die bis zur Gegenwart erhaltenen Volksgebräuche die Grundzüge jenes religiösen Dienstes, und die Vergleichung desselben mit dem der urverwandten Völker beleuchtet ihn.

Die ältesten Nachrichten über den Quellenkult der Deutschen verdanken wir der kirchlichen Polizei, das heifst den Mafsregeln der Kirche gegen die fortlebende heidnische Verehrung der Quellen, Bäume und Steine in allen Provinzen des römischen States. Der h. Augustin predigte gegen die abergläubischen Bäder am Johannistage, und die gallischen und spanischen Concile verboten im 6., 7., 8. Jahrhundert in formelhaften Erlassen den heidnischen Götzendienst in Wäldern und an den Wassern. Von der Kirche übernahm Karl d. Gr. diese Verbote fast mit denselben Worten (Capitul. von 775/90. 789). Und wenn Gregor III. sich auch unmittelbar an die optimates et populum provinciae Germaniae in der Epistel v. 731 wendet, um das lofsen, und die Totenopfer und die Gebräuche in den Wäldern und an den Quellen zu verbieten, so könnte auch das für eine allgemeine Formel gelten, wenn wir nicht bestimmte Zeugnisse hätten, dafs das Verbot für Deutschland not gewesen wäre. Das beweist schon der Indiculus superstitionum et paganiarum von 743, da derselbe genauer in das einzelne eingeht und einzelne niederdeutsche Glossen den heidnischen Handlungen einmischt. Geschichtliche Zeugnisse fehlen nicht: das älteste ist Prokops Erzählung (b. got. II, 25) über das grofse Menschenopfer der Franken beim Übergang über den Po 739, dann des Agathias Bericht (Hist. 1, 7) über die Thieropfer der Alemannen, die sie den Bäumen, Strömen, Hügeln und Bergschluchten brachten. Rudolf von Fuld (Mon. Germ. hist. II, 676) spricht von dem Cultus, den die Sachsen den Laubbäumen (frondosis arboribus) und Quellen (fontibus) widmeten und Helmold noch (Chron. Slav. I, 47) weifs, dafs die Bewohner des Gau Faldara in Holstein, die nur Kristen dem Namen nach waren, den Wäldern und Quellen abergläubischen Dienst erwiesen. Bekannt ist dann die von Alkuin zuerst in seinem Leben des h. Willibrord c. 10 gegebene, von Altfrid in der Vita des h. Liudger und von M. Adam (Gesta Hamab. eccl. pontific. IV. 3) wiederholte Nachricht über die heilig verehrte Süfswasserquelle auf Fositesland (Helgoland).

Heilig, geweiht und heilbringend waren im Grunde alle Quellen, so gut als im 1. Liede von Helgi dem Hundingstöter der vom Himmel strömende Regen die heiligen Wasser (heilog vǫtn) heifst. Besonders waren es die nie versiegenden, wasserreichen, die auch im Winter nicht zufroren

und als heilsam für Gesunde und Kranke galten. Manche Brunnen, die altes grofses Ansehen wegen ihrer Eigenschaften genossen, führten noch später stehend jenes Beiwort: so der heilige Brunnen bei Sursee (1408 genannt, Segesser, Rechtsgeschichte 1, 625), der im Dorfe Ittigen bei Sissach, das heilige Brünneli zu Ossingen Ct. Zürich, das Heiligbrünnli an der Züricher Wasserkirche (Runge, Quellkult 108. Rochholz, Gaugöttinnen 131). In den fünf Orten der Urschweiz werden mehrere Brunnen noch jetzt als heilige bezeichnet (Lütolf, Sagen Nr. 250), nämlich der im Luthernbad, der zu Wertenstein, auf S. Jost, zu Einsiedeln der Vierzehnröhrenbrunnen, am Ezel der Meinhartsbrunnen, das Kaltbrünneli beim Kloster Engelberg; die Quelle im Sakramentswald bei Giswil, das Bruder Klausenbrünnele bei Sachseln, der S. Columbansbrunnen zu Tuggen. Im elsässischen Sundgau finden wir den Helgenbronn im gleichnamigen Orte bei Leimen (Rochholz, Gaugöttinnen 60); in Schwaben das h. Brünnlein am Braunertsberge ganz nahe am Zollern (Birlinger, Aus Schwaben 1, 192); in Baiern den h. Brunnen zu Hohentann und das Heiligebrünnel unter dem Margaretenberge an der Alz; in Hessen den heiligen Born unweit Grofsenritte und weniger bekante heilige Brunnen im Reinhartswalde am Fufse des Gahrenberges, ferner bei Zierenberg, Oberlistingen, Philippinenhof bei Kassel, und bei Nordeck (Zeitschr. f. hess. Gesch. VII, 225); in Thüringen den Wihbrunnen bei Tieffurt (Witzschel Sagen 1, 298); im obern Voigtlande den h. Brunnen auf dem Radersberge bei Raasdorf (E. Köhler, Volksbrauch im Voigtlande 565); in der Mark Brandenburg die heiligen drei Pfühle bei Wandelitz unweit Bernau (Kuhn, Märk. S. Nr. 159. 160); im Bergischen die heilige Quelle oder der Wihborn am Schlofsberge von Hückeswagen (O. Schell, Bergische Sagen 149); in Holstein der hillige Born auf dem Wellenberge bei Itzehoe (Müllenhoff, Sagen Nr. 119). Gewifs lassen sich noch mehr auffinden. In Norwegen hiefsen nicht wenige in grofsem Heilrufe stehenden Quellen hellige Kilder. Zur Vergleichung sei bemerkt, dafs in Cornwall es mehr als neunzig holy wells giebt (M. L. Quiller-Couch, Ancient and holy wells of Cornwall S. XI) und dafs auch in Irland die Zahl der so benanten Quellen sehr grofs ist (Gomme, Ethnology in Folklore 79, Anm.). Erhalten ward der Ruf der Heiligkeit durch die Heilkraft derselben, an die vieler Orten noch heute geglaubt wird; ferner dadurch, dafs Kirchenheilige als Patrone dieser Quellen eingesezt wurden und gewöhnlich eine Kirche oder Kapelle daneben oder darüber erbaut worden ist. Aber die

meisten gewifs sind älter als die Heiligen, sie wurden aus dem Heidenthum übernommen. Das könte schon die Vergleichung mit den griechischen und römischen Verhältnissen beweisen (vgl. u. a. E. Curtius, Griechische Quell- und Brunneninschriften S. 156–167. 173–175), wenn wir nicht schon in dem 1. und 2. Abschnitt dieser Abhandlung nachgewiesen hätten, dafs der Germane die Brunnen als gotterzeugte und von göttlichen Wesen bewohnte betrachtete.

So gehörte denn auch eine Quelle zu der Stätte des Gottesdienstes, die gewöhnlich unter Bäumen oder ganz im Walde lag; oft genug mag die Quelle der Ausgang der heiligen Anlage gewesen sein. Für Nordgermanien wissen wir, dafs sich bei den heidnischen Tempeln ein tiefer Brunnen oder Pfuhl (kelda) befand, der zur Weissagung und zur Aufnahme der lebenden Opfer bestimmt war (Kialnes. S. c. 2 und Schol. zu M. Adam, Gesta IV. 26). Für den Tempelbrunnen in Upsala wird auch der Baum bezeugt. Aus der Gegenwart noch haben wir merkwürdige Verbindungen von Baum und heiliger Quelle erhalten. In Weihenlinden bei Högling in Oberbaiern kommt aus dem Stamm der Linde, in deren Ästen ein Marienbild befestigt ist, ein Wasserstrahl in Röhren gefafst, der in einen Brunnen von grofser Heilkraft fliefst. Aus der Kapelle, die daneben stund, ist eine Kirche mit starker Wallfahrt geworden. Bei Miesbach in Oberbaiern stund gegen Parsberg zu früher eine Linde, unter deren Wurzeln eine Quelle herausflofs[1]. An der Linde war ein Marienbild, dem Wachs und Geld geopfert ward. Der Pfarrer von Miesbach aber zog Ende des 17. Jahrh. die Opfer an seine Kirche, indem er das Volk beschwor, von der Baum-Maria zu lassen und zu der Kirche zu wallfahrten (M. Höfler, Wald- und Baumkult S. 90. 91).

An den germanischen heiligen Brunnen werden sich nicht wie an den hellenischen und italischen zierliche Bauten erhoben haben. Aber irgend einen Schutz gegen das herabfallende Laub und gegen Verunreinigung dürfen wir wol annehmen, da das heilige Wasser rein bleiben mufste. Wie in Griechenland die Quelle als eine *παρθένος* galt, in Rom als eine Aqua Virgo (E. Curtius, Quellinschriften S. 155), wie das fliefsende Wasser nur mit reinen Händen und mit Gebet von Hellenen und Römern durchschritten werden durfte, und wie im Flusse der obere reine Lauf als sacrum von dem unteren verunreinigten, dem profanum, geschieden ward

[1] Weit berühmt war die Quelle S. Keyne in Cornwall wegen der schönen Bäume über ihr: Quiller-Couch 107 f.

(Curtius ebd. 159 f.), so forderte auch das deutsche religiöse Gefühl die Reinheit der Brunnen und knüpfte daran die Erhaltung ihrer geheimnisvollen Kraft. Finden sich auch keine alten Beweisstellen dafür, so leiten doch die vorhandenen durch ihre ganze Art in hohes Alter zurück.

Wenn in den einst berühmten Engstlenbrunnen auf der Engstlenalpe im Ct. Bern, der nur vom Mai bis zum Herbst fliefst, aus Mutwillen unreines geworfen wird, so bleibt er, wie Scheuchzer in der fünften Bergreise erzählte, mehrere Tage aus (Lütolf, Sagen Nr. 217): die Quellgöttin ist beleidigt und hält ihre Gabe zurück. Die heilige Lidvorquelle im norwegischen Saeterdal versiegte, als sie verunreinigt wurde (Bang, Norske hellige Kilder S. 7). Der Salzbrunnen, der aus dem Berge zwischen Flühli und Sörenberg flofs, vertrocknete, als der Besitzer einen Frevel beging (Lütolf Nr. 240). Verbreitet sind die Sagen, dafs Brunnen ihre Heilkraft verloren, wenn Thiere darin gebadet oder auch nur daraus getränkt wurden[1]. Im März ist nach der Volksmeinung in den Urkantonen das Wasser überhaupt unrein, denn dann baden und reinigen sich alle Thierlein drinnen (Lütolf, Sagen Nr. 255).

Die Quellen verlieren ihre Kraft oder versiegen ganz, wenn Wäsche darin gewaschen wird (Wolf, Hess. Sagen Nr. 16. Grässe, Sagenbuch des Preufs. States 2, 731), wie das auch altgriechischer Glaube war (Pausan. III. 25, 8). Wenn eine Schwangere oder eine Wöchnerin, die beide für unrein gelten, daraus schöpfen, vertrocknet der Brunnen, nach der über Baiern, Franken, Thüringen, Schlesien verbreiteten Meinung (Wuttke, Aberglauben § 571. 572. 576). Nach böhmischem Glauben mufs die Wöchnerin drei Brotkrumen als Opfer hineinwerfen, wenn der Brunnen bleiben soll, wie er war. Auch Streit der Besitzer (Müller, Siebenb. Sagen Nr. 132) oder ihre Habsucht (K. Haupt, Sagenbuch der Lausitz 1, 252) nehmen den Quellen ihre guten Eigenschaften: die Gottheit entzieht den unwürdigen ihre Gaben.

---

[1] Müllenhoff, Schl.-Holst. Sagen Nr. 120, 126. Curtze, Volksüberl. aus Waldeck S. 268. Bartsch, Mecklenb. S. 1, 486. Knoop, Sagen a. Hinterpommern S. 97. Sagen aus Posen S. 36. In Norwegen scheint das für das Tränken der Pferde nicht zu gelten. Von mehreren heiligen Quellen heifst es dort, dafs der h. Olaf sein Rofs darin getränkt habe; die Bauern tränken an den ersten Feiertagen ihre Pferde in diesen Olafsquellen, wahrscheinlich um sie gesund zu erhalten, vgl. Bang, hell. Kilder S. 3 und dazu S. 4. 7. In dem Heilborn auf Gaarden Becker in Aas wurden auch kranke Pferde gewaschen, ebd. S. 2. Aus Deutschland kenne ich nur ein Beispiel für das waschen kranker Pferde in einem heiligen Brunnen, Germania XI, 427. Im übrigen verunreinigt auch das Baden der Rosse die Quellen.

Die Verunreinigung des Wassers gilt für eine Sünde, über die sich der Teufel freut (Grohmann, Aberglaube Nr. 276). Kinder werden in Süddeutschland gewarnt in's Wasser zu sehen oder Steine in den Brunnen zu werfen, denn Gottes Auge ist darin (Wuttke § 12).

Wol erklärlich ist nun auch die feierliche Reinigung der Brunnen, die heute noch im Elsafs, in Thüringen, in Anhalt (und vielleicht auch sonst) geschieht, zu Pfingsten und Johannis besonders, in Böhmen zu Ostern, also in den Hauptzeiten des alten Brunnenkults.

Am Johannistage werden im Elsafs die Brunnen noch an vielen Orten gereinigt und mit Maien geschmückt. Im Sundgau geschieht es Pfingstmontags (Stöber, Elsässisches Volksbüchlein 2. A. S. 153).

In Thüringen wird das Fest der Brunnenfege am Mittwoch nach Pfingsten gehalten. Nachmittags holen die Burschen die Mädchen zum Tanz ab und halten sie frei, die Dorfgenossen trinken das Pfingstbier, zu dem jeder Gerste zuschiefst nach Vermögen (Witzschel, Sagen 2, 206). Der Braunsborn bei Querfurt (vergl. oben S. 7) ward jährlich an einem bestimmten Tage von den Thaldorfern gereinigt, die dafür vom Amte bewirtet wurden (Kuhn-Schwartz, Norddeutsche Sagen S. 494).

Am Mittwoch nach Pfingsten (der Knoblauchsmitwoche) reinigten im Dorfe Krosigk bei Halle a. S. die jungen Burschen bis zu dreifsig Jahren hinauf die offenen Brunnen, streuten Salz hinein und bekamen dafür von den Haus- und Hofbesitzern jeder einen Lohn von 75 Pfenn. bis 1 Mark 50 Pf. Nach der Arbeit mufsten ihnen die jungen Mädchen die nassen Füfse mit ihren Schürzen abtrocknen. Nachmittags ward vor der Pfarre auf dem mit Maien besteckten Platze ein Fest gefeiert (Meine Zeitschrift VII, 93). In den Anhaltischen Dörfern geschieht es zu Johannis. In Hinsdorf und Biendorf z. B. wird am Johannistage von Mitternacht ab der Dorfbrunnen gereinigt und bis Sonnenaufgang mufs die Arbeit gethan sein, weil sonst Maden und Würmer ins Wasser kämen. Das ausgeschöpfte Wasser bekomt das Vieh zum trinken, damit es gesund bleibe. In Radegast wird um Johannis im ältesten Theile des Städtchens ein Brunnenfest mit Musik und Tanz auf dem maiengeschmückten Platze gehalten. Zu dem Freibiere schiefsen alle nach Belieben zusammen (Meine Zeitschrift VII, 148)[1].

---

[1] Ob das Poppendorfer Brunnenfest, das in der ehemaligen Reichsstadt Mülhausen i. Th. begangen ward (Rudorff in der Zeitschr. f. geschichtl. Rechtswissenschaft XV, 221), zu diesen thüring.-sächs. Brunnenfegen gehört, konte ich nicht erfahren. Die Frankenhauser Bornfeste sind anders.

In Böhmen, im Budweiser und Prachiner Kreise, wird die Brunnenreinigung von den Mädchen der Dörfer im April, also zur Osterzeit, vorgenommen. Nachdem das Wasser abgelassen, ziehen die Mädchen Abends zum Brunnen und räumen mit ihren Händen den Schlamm heraus, ergänzen auch das Pflaster. Sie hielten es für eine Schande, dem Brunnen diesen Dienst nicht zu leisten. Bei dem Zuge zur Arbeit und während derselben singen sie alte böhmische Lieder. Auf dem Rückwege begleiten die Burschen die Mädchen. Die Quellen Světica bei Duschnik, Ručka bei Draheliz und Keltna bei Auhoniz werden von den Mädchen dieser Dörfer jährlich gereinigt, damit die Gegend immer Wasser bekomme. Kein Mann und keine Gefallene dürfen bei dieser Handlung, bei der auch gebetet wird, zugegen sein. Die Folge ist Wasserreichthum selbst in trocknen Jahren (Grohmann, Aberglaube Nr. 333. Sagen aus Böhmen 89. v. Reinsberg, Festkalender 187 f.).

Diese Gebräuche sind besonders wichtig. Wir können das alte Fest der Brunnenfege daraus aufbauen, indem wir bei der starken Durchsetzung der westslavischen mit deutschen uralten religiösen Gebräuchen die böhmische Überlieferung zur Ergänzung der deutschen, namentlich der thüringischen benutzen. Es ging die Reinigung der Quellen einem Brunnenfeste im Frühjahr oder zur Sommersonnenwende als Einleitung in der Nacht vor dem Festtage voran. Die Reinigung vollzogen die Jungfrauen des Ortes unter Gebet und Gesang; kein Mann durfte zugegen sein, es kann daher ursprünglich auch die Nacktheit der Mädchen bei dieser Kulthandlung gefordert worden sein[1]. Bis Sonnenaufgang mufsten sie die Reinigung beendet haben. Der Brunnen ward dann bekränzt, der Festplatz geschmückt, die Gemeinde versammelte sich, Opferschmaus (wenigstens Opfertrank), Tanz und Spiel folgte. Reicher Wasserflufs durch das ganze Jahr war der Dank der Quellgöttin.

An die Stelle der Mädchen traten später die jungen Burschen. Dafs die Mädchen, wie es noch in Böhmen geschieht, früher überall die Handlung ausführten, begründet sich schon in dem weiblichen Geschlecht der Quellgottheiten. Wir würden aber zu weit gehen, in ihnen gewissermafsen eine Brunnengilde zu sehen; ebenso wenig wie die Zunft der ehemaligen Reichsstadt Heilbronn, deren Aufsicht und Schutz der Siebenröhrbrunnen

---

[1] Meine Abhandlung zur Geschichte des heidnischen Ritus S. 18. 22. 26. 30. 39.

übergeben war, eine sakrale Bedeutung hatte, sondern nur die bürgerliche Pflicht übte, den wichtigen Brunnen zu erhalten und bei Kriegsgefahr zu schützen, ähnlich dem collegium fontanorum in Rom (Rudorff in der Zeitschrift f. geschichtl. Rechtswissenschaft XV, 226).

Bäche und Flüsse, die durch Städte hindurchfließsen, erfahren heute noch gleich den Quellen und Brunnen aus Gesundheitsrücksichten eine jährliche zeitweise Ableitung und Säuberung, eine Kehr oder Abkehr, wie es bajuvarisch heifst: so die Stadtbäche in München (Schmeller, Bayr. Wb. 1^2, 1282), der Almbach in Salzburg, die Talfer in Bozen, der Surbach in Aarau. An die Rückkehr des Surbachs hat sich ein fröhliches Stadtfest angeschlossen (Rochholz, Sagen 1, 19), das örtlichen Ursprungs scheint. Es findet im September statt, wie auch in Salzburg die Almabkehr im September geschieht und die Müller im Aargauer Surthal die Mühlbäche am Verenentag (1. Sept.) putzen müssen.

Ich hatte die Vermutung vorhin ausgesprochen, dafs zur Reinhaltung der Quellen und Brunnen ein kleiner Holzbau, wenn auch nicht immer, so doch oft über dem Wasserspiegel errichtet worden sei. Als nun die mönchischen Missionäre ins deutsche Land kamen, die Quellgöttinnen bannten und den dreieinigen Kristengott predigten, aus den heiligsten Heidenbrunnen die Bekehrten tauften und das Kreuz darüber errichteten[1], wie sie es auf andern geweihten Stätten thaten, so erbauten sie an oder über den am höchsten von den Heiden verehrten Quellen kleine Kapellen von Holz. Sie wurden vornemlich dem Schutze der Mutter Gottes übergeben, die über die heidnischen dämonischen Weiber am leichtesten siegen konte, manche auch Christo geweiht[2], oder den kräftigsten Aposteln Petrus oder Paulus, und dann einer Unzahl heiliger Männer und Frauen, je nachdem sie in der Landschaft zu besonderem Ansehen gekommen waren. Alle diese

[1] Bemerkenswert ist der von einigen norwegischen heiligen Quellen nachweisliche Brauch, kleine Holzkreuze dabei aufzustecken. Wer aus der St. Olafsquelle bei Veibust in Borgund trank, um Heilung zu finden, steckte ein kleines Holzkreuz dabei auf. Bei dem zahlreichen Besuch, den sie bis 1720 hatte, sah man zuweilen über hundert solche Kreuzlein (Bang S. 8). An der St. Olafsquelle bei Baerskogen im Aurdal legten selbst nur Vorüberwandernde ein kleines Holzkreuz nieder (Bang S. 4).

[2] Christesbrunno in der Würzburger Markbeschreibung A. (8. Jahrh.); das Jesusbörnchen am Hörselberge (Witzschel II. nr. 136). Vgl. auch den Jesuswell bei S. Minver in Cornwall: Quiller-Couch, Ancient wells S. 90.

traten die Erbschaft der örtlichen Numina an und sie wurden gleich diesen verehrt mit Gebet und Opfergaben. Nur die Namen hatten sich verändert, die Sache selbst war die alte. Und es ist nur folgerichtig, wenn zu unsrer Zeit die Ortsheiligen, die durch Jahrhunderte in den Kapellchen über den heilkräftigen Quellen verehrt worden sind, durch die modernste Brunnengöttin, die französische Dame von Lourdes, vertrieben werden, wie z. B. im Salzburger Lande und in Tirol mit Hilfe der Geistlichkeit geschieht. Eine Reihe von Brunnenheiligen möge nun aufziehen, die ich aus dem deutschen Sprachgebiete gesammelt habe. Für vollständig gebe ich sie nicht aus; die häufiger erscheinenden sind gesperrt gedruckt.

Die Dreifaltigkeit, Jesus Christus, die h. *Maria*, die zwölf Apostel. — Adalbert, Adelheid oder Olitte, Adolf, Agnes, Alene (Flandern), *Anna*, Amalaberga (Flandern), *Apollonia*, Autor (Elsafs), Barbara, Bonifaz, Burghart, Christian oder Kersten, Coloman (Baiern, Salzburg), Columban, Edeltrut, Elisabeth, Erhart, Felix (Schweiz), Florian, Gallus, Gangolf, Georg, Gertrud, Goar, Gothart, Günther, Gundhilt, Hedwig, Himerius, Jacob (Schweiz, Baiern, Vogtland), Jost, Katharina, Kilian (Franken), *Leonhart* (Baiern), Lucius, Ludger, Magnus oder Mang, Magdalena, Margareta, Martin, Mechtilt (Oberbaiern), Meinhart (Schweiz), Nikolaus oder Klaus, Odilia, Oswalt, Paul, Peter, Pirmin, Primus, Quirinus (Luxemburg), Regula (Schweiz), Stephan, *Ulrich* (Schwaben, Baiern, Oesterreich), *Veit* (Böhmen), Verena (Schweiz), Veronica Verone, Walburgis, Wilfried, Willebrord, Willehad, *Wolfgang* (Baiern, Salzburg, Oberösterreich, Voigtland, Thüringen). — In Norwegen ist vor allen S. Olaf Quellenpatron; einzelne heilige Quellen sind nach S. Agathe, S. Eve, S. Halward, S. Helene, S. Margrethe, S. Nicols benannt.

Es würde vergeblich und nutzlos sein, alle Kirchen und Kapellen in Deutschland (Deutsch-Oesterreich natürlich eingerechnet), der Schweiz, in Luxemburg und den Niederlanden aufzählen zu wollen, bei denen eine Quelle fliefst[1], die eben schon durch diese Lage als heilig und mit wunderbaren Kräften gesegnet erscheint, und daher auch mit Bitte und Dank aufgesucht wird. Zuweilen ist die Quelle in der Verehrung hinter ein Gnadenbild zurückgetreten, aber ganz vergessen ist sie nirgends.

---

[1] Auch in Frankreich giebt es bei zahllosen Kirchen Brunnen. Gegen die Behauptung von *Viollet-le-Duc*, dieselben seien bei dem Kirchenbau und für denselben angelegt, hat sich schon *H. Otte*, Handbuch der kirchl. Kunst-Archäologie I, 362 (5. A.) mit Recht erklärt. Sie sind meist weit älter als die Bauten.

Ich beschränke mich zunächst darauf, die mir bekant gewordenen Kapellen und Kirchen anzuführen, die über altheiligen Brunnen errichtet worden sind. Kleine Berg- und Waldkapellchen finden wir da neben den Kathedralen von Freiburg, Strafsburg, Regensburg, Paderborn.

Nach der Sage stehn die Münster von Freiburg und Strafsburg auf Rosten über unterirdischen Gewässern (Stöber-Mündel, Sagen 2, 238). Weitbekannt war der 34 Fufs tiefe Kindelsbrunnen im Strafsburger Münster, der 1766 vermauert wurde, ein schöner Ziehbrunnen mit steinerner Einfriedung und tabernakelartigem Überbau[1]. Bis zur Reformation wurden alle Strafsburger Kinder, so wie die der Landpfarren aus dem Erzpriestersprengel von St. Laurentien mit Wasser aus diesem Brunnen getauft. Im Regensburger Dom errichtete Matth. Roritzer 1500 den kunstvollen Brunnenbau mit den Statuen Christi und der Samaritanerin. Im Korumgang des Freiburger Münsters ist der von Theodos. Kauffmann 1511 gebaute Brunnen. Gefafste Quellen finden sich in den Krypten der Wasserkirche von Zürich, der Burkartskirche von Beinweil im Aargauer Freiamt, des Würzburger Neumünsters, der Michaeliskirche in Hildesheim, des Domes von Paderborn, der Peterpaulskirche in Görlitz, der Klosterkirche von Trebnitz in Schlesien. Sonst weifs ich Brunnen innerhalb der Kirchen in der Stiftskirche von Corvey, zu Buchsweiler im Elsafs, in der Klosterkirche auf der Au bei Steinen am Rigi, in der Wallfahrtskirche St. Oswald bei Grafenau im Bairischen Walde. Von dem Glockenbrunnen zwischen Weimar und Dörnberg in Hessen heifst es, dafs über ihm die Kirche des verschwundenen Dorfes Sirsen gestanden habe (Zeitschr. f. hess. Gesch. VII, 225).

Quellen innerhalb von Kapellen finden sich in der Wand bei Linz a. D., nahe dem Calvarienberge; in der Einsiedelei am Falkenstein bei St. Wolfgang am Abersee (Oberösterreich); in der Colomannskapelle in der Taugl (Salzburg); in Maria-Elend bei Embach im Salzburgischen, wo die Quelle aus der Brust des Gekreuzigten springt; in der Heiligwasserkapelle bei Innsbruck; in einer jezt zur Lourdeskapelle verwelschten Kapelle oberhalb Mühlau bei Innsbruck; in der Barbarakapelle bei Jettenberg unweit Reichenhall; ferner das Heiligbrünnel in der Kapelle unter dem Margaretenberge an der Alz im Passauischen. In der Schlucht zwischen Hallein und den Barmsteinen, unweit des Salzbergwerks Dürrenberg, steht eine Kapelle über den Bach gebaut mit viel Votivgaben.

---

[1] Abbildung nach Gailhabauds Baukunst in Ottes Handbuch 1, 362.

Auch aufserhalb der bajuvarischen Länder sind und waren Quellen innerhalb von Kapellen vorhanden: ich nenne den heiligen Brunnen auf dem Radersberge im Voigtlande, über dem einst eine Kapelle stund. Nach Volksglauben wird in der katholischen Hofkirche in Dresden so wie in böhmischen Kirchen für dieses verlassene hochheilige Brünnlein gebetet (E. Köhler, Volksbrauch S. 566). Dann die längst verschwundene Kapelle über dem Dresdener Queckbrunnen; die hölzerne Kapelle zu Wagstadt im oesterreichischen Schlesien. Zur Vergleichung will ich die zahlreichen Brunnenkapellen in Cornwall herbeiziehen: es sind kleine steinerne Bauten über der Quelle, eigentlich Brunnenhäuschen mit offenem Eingang, zuweilen mit einer Mauernische, worin ein Heiligenbild stund oder noch steht, ganz wie es auch bei uns oft sich findet (M. and L. Quiller-Couch, Ancient and holy Wells of Cornwall. London 1894, mit 22 Abbildungen).

Besondere Erwähnung verdienen die Brunnen, welche unter dem heiligsten Orte, dem Altar hervorquellen: so in den Kirchen von Olsberg im Aargau, von Hohentann in Niederbaiern, im Ulrichskirchlein bei Graz, Laibach in Krain, Maria Schein bei Teplitz, Stoboric in Böhmen, kath. Kirche von Waldenburg in Schlesien, Olitten und Oschitz im Voigtlande, in den Kapellen von Zöbingen in Schwaben und Chelčic in Böhmen. In der Kirche von Dänschenburg bei Ribnitz in Mecklenburg entsprang unter der Kanzel eine vielbesuchte Heilquelle (Bartsch, Mecklenb. Sagen 1, Nr. 486), ebenso wie in der Kirche von S. Lormel in der Haute Bretagne ein Heilquell unter der Kanzel hervorkommt (Sébillot, Légende dorée 37).

Häufiger noch als die Brunnen innerhalb des geweihten Gebäudes sind die, welche neben oder nahe bei einer Kapelle oder Kirche hervorquellen. Der Brunnen ist geschichtlich betrachtet die Mutter des gottesdienstlichen Gebäudes. Sie sind in den katholischen Landschaften noch häufig und auch in den evangelischen nicht ganz vergessen. Die Kapellen sind von der verschiedensten Art, oft sind es nur Bildstöcke oder es ist ohne einen besondern Bau an einem Baum oder einer Wand ein Heiligenbild befestigt, unter dem eine Brunnenröhre das Wasser in ein Becken oder einen Trog spendet. Das gibt oft ein kleines anmutendes Bild, und die Dankbarkeit des Menschen für das unentbehrliche Element gegen das göttliche Wesen, sei es nun als Nymphe, als Wasserfrau oder als Heilige gedacht, behält etwas kindliches und rührendes.

Viel dieser Kirchen sind Wallfahrtkirchen, denn die Quellen heilen Krankheiten, vornemlich böse Augen und Fieber, auch Lähmungen und Ausschlag, und so ziehen die Leidenden, mit ihnen auch Gesunde, hilfesuchend hin, beten zu den Heiligen der Brunnenkirchen und bringen ihnen Dankopfer, meist auch Votivbilder und wächserne, früher auch eiserne[1] Nachahmungen der geheilten Leibestheile.

Die einzelnen Kranken suchten Hilfe, wenn das Leiden sie trieb, am liebsten dann Donnerstags, wenigstens in Norwegen. Aber es giebt grofse Wallfahrten im Frühjahr, wenn nach Sprengung der Winterfesseln die Brünnlein wieder fliefsen und im Hochsommer, wenn das Naturleben auf der Höhe steht und den göttlichen Mächten, so auch den Wassergeistern, die höchsten Opfer gebracht wurden. Diese Wallfahrten des Volkes, diese Bitt- und Dankgänge, reichen, wie katholisch sie scheinen, in die heidnische Zeit zurück und gehn uns vornemlich an.

In der Osterzeit, wenn das Frühjahr kommt, gilt noch heute das Wasser für besonders heilkräftig, daher am Karfreitag und am Ostermorgen die Brunnen vor Sonnenaufgang und schweigend besucht und aus ihnen Wasser geschöpft wird. In der Regel machen einzelne den geheimen Gang zur Quelle oder zu dem Bache; zuweilen ist es aber auch eine gemeinsame Fahrt. So wird das Jungfern- oder Agnesbrünnel am Kahlenberge bei Wien am Karfreitagmorgen (mehr noch zu Johannis) von Hunderten aufgesucht. In der Eifel gehn am Ostermorgen zu der Quelle an der ehemaligen Klosterkirche von Buchholz aus der ganzen Gegend zahlreiche Pilger. Wer aus dem Brunnen trinkt, wird neu belebt und genest seiner Leiden. In der Kirche segnen die Priester das in Krüge geschöpfte Wasser (Viebig, Kinder der Eifel. Berlin 1897. S. 141). Bei der Haugsquelle an der Filialkirche von Trömborg in Eidsberg in Norwegen, die noch im vorigen Jahrhundert aus Norwegen und Schweden von ganzen Scharen namentlich zu Johannis besucht ward, gingen die aus der Quelle getrunken hatten, dreimal um die Kirche. Das Quellwasser, das in Krügen für Entfernte geschöpft ward, trug man auch dreimal um die Kirche (Bang, Hellige Kilder S. 2).

Ohne kirchliche Färbung ist der Besuch des holen Steins am Fufs des Meifsners bei Hilgershausen in Hessen, den er am zweiten Ostertage von

[1] Noch vor vierzig Jahren waren diese eisernen Votivglieder und eisernen Thiere (namentlich Pferde und Kühe), als Weihegaben für die geheilten Thiere, im eisenreichen Obersteiermark bei manchen Gnadenkirchen häufig zu finden.

den jungen Leuten der Gegend empfängt. Sie legen Frühlingsblumen an den kleinen Teich der Felshöle, trinken daraus und nehmen Wasser in Krügen mit heim (Lyncker, Sagen Nr. 346).

An einem Tage im Frühjahr geht eine Prozession um das Pulvermar in der Eifel. Einmal unterblieb sie, da ward der tiefe Wasserkessel sehr unruhig und drohte überzulaufen. Ein Schäfer, der in der Nähe hütete, sah es und zog nun singend und betend mit seinen Schafen um den See, indem er als Fahne seinen Hut auf den Stock steckte. Das Mar beruhigte sich dadurch (Schmitz, Sitten und Sagen 2, 73). Ob dieser Tag in der eigentlichen Osterzeit liegt oder weiter gegen Pfingsten, wird nicht angegeben. Vielleicht ist es der 5. Sonntag nach Ostern, der Sonntag Rorate am Anfang der Bittwoche.

In Schwäbisch Hall war ein Brunnengeist in der Solquelle, der Hallgeist, der Überschwemmungen anzeigte und den man bei guter Laune erhalten mufste. Wenn es daher (nach Herolds Chronik von 1541) um den Brunnen »etwan ongeheir« ward, ging man zu Rogate mit Heiligtumb um gemelten Salzbrunnen (E. Meier, Sagen aus Schwaben S. 96).

Auch aus Luxemburg läfst sich eine Brunnen-Wallfahrt auf Rogate nachweisen: sie geht zur Quelle und Kapelle des h. Quirinus vor der Stadt Luxemburg. Man opfert dem Heiligen getrocknetes Schweinefleisch, der gegen Augen- und Hautkrankheiten hilft, und füllt sich Flaschen mit dem Wasser der Quelle (Gredt, Sagenschatz Nr. 871).

Im Mai wallfahrtet man aus dem Elsafs und dem Schwarzwald zur Kapelle der schmerzhaften Mutter auf dem Achenberge zwischen Zurzach und Klingau. Um die Kapelle wird Markt gehalten, die Wallfahrer bleiben über Nacht um die Feuer gelagert, an denen sie kochen. Keiner unterläfst, hinab in die Schlucht zum Verenenbrünnlein zu steigen, daraus zu trinken und einen Krug zu schöpfen, den man mit heim nimmt (Rochholz, Gaugöttinnen 134).

Im Puschlav in Bündten wird ein Kinderfest, der Maienbrei, gefeiert. Die Kinder ziehen auf die Höhe von Selva, wo zuerst in der kleinen Kapelle Gottesdienst gehalten wird. Dann steigen sie zu dem Sauerbrunnen ins Thal hinunter, an dem der Brei bereitet und gegessen wird. Darauf folgt Gesang, Spiel und Tanz. Die Erwachsenen nehmen an dem Frühlingsfeste Theil (Rochholz, Alemannisches Kinderspiel 510).

Solche Wallfahrten zu Anfang Mai (am Godehartstage, d. 5. Mai) geschehen auch in Böhmen, unter andern zur Quelle Swětička bei Bubenc

unweit Prag (v. Reinsberg, Festkalender 4) und zu dem Johannisbrunnen bei Podol (Grohmann, Aberglauben Nr. 303).

Zu Kristi Himmelfahrt ist in ganz Hessen Brauch, auf die nächsten höheren Berge zu steigen und sich dort mit Gesang und Tanz zu belustigen (Lyncker Nr. 325). Auf den Weifsner gehn die Leute von der Werra auch am Pfingstmontag in Scharen. Von einem Besuch der Quellen wird nichts mehr erwähnt, ursprünglich geschah es gewis.

Am Sonntag nach Himmelfahrt wird in Böhmen aus allen Theilen des Landes auf den Berg Tabor bei Chlum im Jiciner Kreise gewallfahrtet. Am Fufs des Berges quillt ein Born, in den kleine Holzkreuzchen geworfen werden; wessen Kreuz aus dem Wasser heraufkommt, bleibt in dem Jahre leben. Von dem Born nimmt jede Mannsperson einen Stein auf den Berg mit und legt ihn zu dem Steinhaufen bei der Kapelle. Die Frauen opfern oben lebende Hühner (v. Reinsberg, Festkalender 396 f.).

Am ersten Pfingsttage ziehen die Kinder der Stadt Steinau im Hanauischen, von den Eltern begleitet, auf die Pfingstwiese zum Pfingstborn, einer heilkräftigen Quelle. Jedes hat ein besonders dazu gefertigtes irdenes Krüglein, Pfingstinsel[1] genannt, woraus es trinkt. Sie spielen und jubeln den ganzen Tag auf der Wiese. Zum vollen Verständnifs gehört, dafs in Rheinhessen und Nassau nach der Überlieferung die kleinen Kinder aus dem Pfingstborn[2] geholt werden (Kehrein, Volkssprache und Volkssitte in Nassau 1, 305). Der Steinauer Brauch deutet also auf ein altes Dankfest der Kinder an der Quelle, aus dem sie sich entsprungen glaubten.

Ebenso ziehen in Mendt im Nassauschen die Kinder am Pfingstmontag zu dem Gangolfsbrunnen und bekränzen ihn (Gräfse, Sagenbuch d. Preufs. States 2, 732).

Abgelöst von dem Kinderglauben treffen wir eine Pfingstwallfahrt zu einem Gangolfsbrunnen und seiner Kapelle in Neudenau an der badisch-würtembergischen Grenze (Germania XI, 427).

Pfingstbrunnen sind auch in Obersteiermark, namentlich um Murau, noch bekant. Sie liegen meist im Walde und werden am Pfingstsonntag Nachmittags in festlichen, aber nicht kirchlichen Aufzügen besucht, während sie das übrige ganze Jahr verlassen und unbeachtet bleiben. Kirch-

---

[1] Vilmar, Hess. Idiotikon 185: Insel, irdenes Wassergefäfs, nur in der Obergrafschaft Hanau bekant.

[2] Auch in Frankfurt a/M. ist ein Pfingstborn auf der Pfingstwiese.

lich heifsen sie Heiligegeistbrunnen und ihr Wasser, das an jenem Tage viel getrunken wird, der Heiligegeistthau[1]. Das Volk belustigt sich dabei mit Gesang und allerlei Spiel.

Am Pfingstmontag gehn starke Wallfahrten aus Baiern und Böhmen zu der Güntherskirche und -Quelle im Böhmerwalde (v. Reinsberg, Festkalender 471 f.). Berühmt ist auch die Pfingstmontagwallfahrt zur Kapelle S. Pirmin im luxemburgischen Canton Wilz mit dem etwas davon liegenden Pirminsbrunnen, worein skrophulöse Kinder dreimal getaucht werden (Gredt, Sagenschatz Nr. 30).

Wir nahen dem Sonnenwendtage, der hochheiligen Zeit der blühenden und reifenden Natur. Vorher und nachher liegen Tage, die sich zu einem Festcyclus zusammenschliefsen; hervorragende Kirchenheilige haben das Erbe der Heidengötter besezt. So der Patron des 15. Juni, S. Veit, einer der Schutzherren Böhmens, dem der Prager Dom auf dem Hradschin und nicht weniger als 37 böhmische Kirchen geweiht sind. Nach dem Bericht des zuverlässigen Bienenberg (Alterthümer, Königingräz 1779. II, 129) zogen die Leute aus Melnik an der Elbe und vom Fufse des Riesengebirges am Veitstage zu den Elbquellen hinauf und liefsen dort schwarze Hühner fliegen, damit Rübezahl die Überschwemmungen durch die Elbe hindere. Krolmus (Staročeské pověsti I, 417 f.) will diese Wallfahrten noch 1805 und 1814 gesehen haben; die Hähne seien freigelassen, die Hühner in den Elbquellen ertränkt worden. Die Leute blieben drei Tage oben (gleich den Wallfahrern zum See des Berges Helanus in Gallien, nach Gregors von Tours de gloria confess. c. 2), sammelten Kräuter für ihr Vieh und zu Kränzen, die sie daheim aufhingen, und nahmen Wasser in Krügen mit, womit sie ihr Vieh besprengten.

Der Tag vor Johannis (23. Juni) ist der h. Edeltrut geweiht, zu deren Brunnen in Niederöfflingen im Eifelkreise Wittich viele wallfahrten, um ihre Augen in dem aschgrauen Wasser zu waschen (Schmitz, Sitten und Sagen 2, 76).

Am Feste Johannis des Täufers (24. Juni) hat das Wasser ganz besondere Kräfte. Das ist nicht blofs eine deutsche Meinung, sondern eine uralte allgemein verbreitete gewesen und mag darauf gewirkt haben, dafs

---

[1] Schlossar, Cultur- u. Sittenbilder S. 60. Man gedenke des Pfingstthaus, der am Pfingstmorgen auf den Wiesen als Heil- und Schönheitsmittel gesammelt wird: Meine Abhandlung zur Geschichte des heidnischen Ritus S. 40.

die Kirche dem Täufer den Mittsommertag weihte, um denselben zu kristianisiren. Die heidnischen Gebräuche wurden aber dadurch nicht unterdrückt und der h. Augustin eiferte gegen den schlechten aus dem Heidentum zurückgebliebenen Brauch, in der Nacht und am frühen Morgen des Johannisfestes sich in Quellen, Teichen und Flüssen zu baden. Also in Libyen dieselbe alte Sitte im 4/5. Jahrh., die wir bei uns noch jetzt finden, gestüzt auf die besondere Heilkraft des Johannisbades. Ein Bad an diesem Tage, heifst es in Schwaben, ist neunmal so stark als eines zu andrer Zeit. Bekannt ist Petrarkas anmutige Schilderung (de rebus familiar. I. 4) von dem Johannistage, den er in Köln verlebte, wie er die Ufer des Rheins mit ungezählten schönen Frauen besetzt fand, die bekränzt mit Blumen ihre weifsen Arme in den Strom tauchten und dabei ihm unverständliches murmelten. Im J. 1584 suchte der Strafsburger Kirchenconvent gegen die Johannisbäder einzuschreiten, als einen abergläubischen Brauch. Er war nicht zu unterdrücken und namentlich zu den Heilbädern strömte das Volk in Scharen (W. Hertz, Deutsche Sage im Elsafs. 26. 27). In Norwegen wurden die heiligen Quellen vorzüglich am Johannisabend besucht, weil sie dann am kräftigsten sind (Bang, Hellige Kilder S. 2).

Andrerseits war der Johannistag auch ein Tag, an dem die Wassergeister besondere schädliche Macht hatten und ein Menschenopfer verlangten. Wir werden darüber später handeln. Man versuchte sie durch kirchliche Mittel unschädlich zu machen. In der katholischen Zeit, erzählt man in Thüringen (Witzschel, Sagen 2, 145), ging von der Johanniskapelle gegenüber der Kelle zwischen Nordhausen und Ellrich zu gewisser Zeit (doch wol am Johannistage?) eine Prozession zu dem kleinen See in jener Felshöle. Der führende Ellricher Priester liefs ein Kreuz in die Höle hinab und zog es wieder hinauf, wahrscheinlich um den Dämon des Sees zu bannen.

Den Schlufs des Mittsommercyklus macht der Ulrichstag, der 4. Juli. In Schwaben und Baiern so wie in den bajuvarischen Ländern Oesterreichs gilt der Todestag des h. Bischofs von Augsburg als kirchlicher Feiertag und der Volkskult der Ulrichsbrunnen tritt dabei stark hervor (mein Aufsatz in meiner Zeitschr. f. Volkskunde V, 416–424, besonders 418 f.). Zu dem Ulrichsbrunnen in Seibranz geht jährlich am 4. Juli eine feierliche Prozession (Birlinger, Aus Schwaben 1, 48), und zu dem Ulrichskirchlein unweit Heiligenkreuz am Wasen in der mittleren Steiermark, bei dem eine gute Quelle unter einer Ulrichsbildsäule entspringt, strömt das Volk am 4. Juli zusam-

men: die Kanzel steht im Freien unter einer mächtigen Linde (m. Zeitschr. V, 419). Ein Volksfest wird auch an jenem Tage oder am Sonntag darauf am Reunerkogel bei Graz an dem Ulrichskirchlein gehalten, unter dessen Altar eine Quelle herausfliefst. — In England, wo S. Ulrich unbekannt ist, findet am Sonntag nach dem 4. Juli, dem old Midsumer day, ein gleiches Brunnenfest an mehreren Orten statt (m. Zeitschr. V, 420), der stärkste Beweis dafür, dafs der deutsche S. Ulrich nur Erbe einer altgermanischen Sommergottheit war.

Auch bei den Čechen ist der 4. Juli ausgezeichnet, nur ist er kirchlich dem S. Prokop geweiht, mit dessen Legende übrigens ein Herzog Ulrich verknüpft ist. Der Prokopstag wird festlich mit allerlei Volkslustbarkeiten begangen, zugleich gilt er aber auch als Feiertag des Wassermanns (vodník mužíček), an dem er nach einem Braten ausgeht, denn an diesem Tage müssen 7—9 Menschen ertrinken (v. Reinsberg, Festkalender 338—344).

Der heidnische Grundkaracter der Johannisfestzeit bricht demnach darin noch deutlich durch, dafs ein grofses Opfer in ihr gebracht werden mufste und dafs dasselbe vornemlich den Wassergeistern fiel, die das sommerliche Gedeihen wesentlich gefördert hatten.

Aufser dem Frühling und dem Mittsommer sind über das weitere Jahr einzelne Brunnenfahrten verstreut. Sie knüpfen sich an die kirchlichen Patrociniumsfeste der Heiligen an, die zu Quellen in Beziehung gesetzt waren, so besonders an die beliebteste Schützerin, die h. Maria, die natürlichste Nachfolgerin der alten Göttinnen.

In der thüringischen Stadt Frankenhausen, die ein Salzwerk besizt, werden an Mariae Verkündigung (25. März) und an Mariae Himmelfahrt (15. August) die sogenanten Bornfeste gefeiert, mit Aufzügen zu den Solquellen, Gottesdienst und Geldspenden an Kinder und Arme. In der katholischen Zeit wurde neben der h. Jungfrau besonders der h. Wolfgang (der uns als Brunnenpatron auch sonst bekant ist) verehrt, und ihm so wie den Heiligen Petrus, Nikolaus, Martin, Severus und Margareta (wol Frankenhauser Kirchenpatronen) wurden Opfer gebracht (Witzschel 2, 309—11). Die Grundzüge eines vollen heidnischen Festes sind noch zu erkennen.

Zu Mariae Himmelfahrt geht in Böhmen eine starke Wallfahrt aus dem Markte Bründl (Dobrawoda) im Budweiser Kreise nach der Kirche Maria Trost mit ihrem Heilbrunnen (v. Reinsberg, Festkalender 407).

Am Magdalenentage (22. Juli) strömen die Münchener zu dem Magdalenbrunnen im Nymphenburger Parke, über dem eine Statuette der Heiligen

steht. Das Wasser hilft gegen böse Augen, die darin gewaschen werden. Auch wird es in Flaschen mit nach Hause genommen.

Am ersten schönen Sonntage nach Jacobi (25. Juli) ziehen die Appenzeller auf den Kronberg zum Jacobsbrunnen, wohnen der Messe in der Kapelle bei und vergnügen sich dann mit Tanz und Spiel, wie das am Michaelistage (29. Sept.) auf Rigi Kaltbad bei dem Brunnen der drei Schwestern geschieht (Runge, Quellkult 216).

Am Verenentag (1. Sept.) wird zu der Verenenkapelle am Kaminstal bei Zug gewallfahrtet. Das Verenebrünnli, das unter einer Bildsäule der Heiligen daneben quoll, ist seit 1810 durch einen bösen Nachbar abgegraben worden; aber die Wallfahrten dauern fort (Rochholz, Gaugöttinnen 136 f.)

Am zweiten Sonntag im September wallen jährlich noch Tausende zu dem St. Adelheidispützchen zwischen Beul und Siegburg. Der Brunnen hilft den kranken Augen. Ein berühmter Markt wird dort gehalten (O. Schell, Bergische Sagen 490).

Wie tief diese Brunnenfahrten im Volksgedächtnis haften, beweist die Wallfahrt einer gröfseren Menge evangelischer Bewohner der Dörfer am Lebamoor in Hinterpommern, die bei einer Epidemie an der Wunderquelle in Sullenczin Schutz und Genesung suchten (Knoop, Sagen aus Hinterpommern Vorr. VII).

Aber ganz besonders in Anschlag zu bringen ist, dafs in dem rein lutherischen Norwegen die Wallfahrten und Besuche zu den heiligen Quellen und ihren Kirchen bis in das vorige Jahrhundert, und selbst bis in das neunzehnte gedauert haben (Bang, Hellige Kilder).

In der Schweiz wurden die Kilchweihen mit Vorliebe an laufenden Brunnen oder auf Flufsinseln gehalten, so zu Murten und an der Birs, ferner zu Mönchenstein und am Wasserfall des Giefsen. Man zog feierlich dorthin, baute Laubhütten und erlustigte sich mit Gesang, Tanz, Wettlauf und Ringkämpfen (Runge, Quellkult 216). Selbst auf Brücken ist die Kilbe gefeiert; bis auf neuste Zeit in Klein-Basel die Kalte Kilbe im Januar. Die drei Gesellschaften der Stadt feiern sie mit Festmahl, Umzug und Tanz auf der Rheinbrücke. Die Vorstädtler-Kilbe in Klein-Soloturn halten die Hausbesitzer und ihre Frauen durch ein Festmahl im Gasthause. Dann wird der Kilbetanz versteigert, und der Meistbietende erkauft das Recht, mit seiner Tänzerin ganz allein den Tanz auf der Aarbrücke zu er-

öffnen (L. Tobler, Kleine Schriften zur Sprach- und Volkskunde. Frauenfeld 1897. S. 53).

Die Kirchweihen an Brunnen und Wassern führen hinüber zu den Gerichtsversamlungen an Brunnen und Flüssen. Jac. Grimm hat Rechtsalterth. 799 aus Baiern, vom Rhein, aus Elsafs und Hessen Belege für die Richtbrunnen und Rechtshandlungen an Flüssen gegeben. Auch politische und militärische Sammelplätze lagen an ihnen. In Basel gab es im 14. 15. Jahrh. verschiedene Richtbrunnen, bei denen Käufe und Verträge geschlossen wurden. Bäume stunden über dem Richtbrunnen vor der Gerberzunftstube und bei dem Georgsbrunnen auf dem Stiftshofe (Basel im XIV. Jahrh. S. 65. 91). Wenn in Baden im Aargau ein bewafneter Auszug geboten ward, sammelten sich die Leute am Brunnen, über dem die Fahne wehte. Die Landgemeinde des Ober-Engadin kam an der Fontana Merla zusammen, wo auch das Hochgericht stund. Die rhätischen Bundesgesandten sollen sich zu Tavanosa im Bündtner Oberlande bei einem Felsbrunnen versammelt haben (Runge, Quellkult 218). Die altberühmte heilige Quelle in Mitte des Holstenlandes, das bornhoved, ward, als ein Kirchort daran gebaut (Bornhövd), der Sitz des overboden (senior terrae) und der virtus (doged) der Holsten (Helmold, Chron. Slav. I. 91). Die Mythe von dem täglichen Gericht, das die nordgermanischen Götter an dem Mimesbrunnen unter der Weltesche hielten, ist nur Abspiegelung der menschlichen Einrichtung.

Bei dem Markengang (Grenzbegang) in Greven im Münsterlande, der Ende Juli alle sechs Jahre bis 1853 stattfand, wurde dreimal um den Hocker Pütt und dreimal um den Dörferbrunnen auf dem Marktplatze von den Markgenossen gezogen (Münster. Anzeiger 1897. Nr. 161. 163).

Wie die katholischen Wallfahrer an den Gnadenorten ihre Gebete laut oder still sprechen, so ist das auch in unserm Heidentum an den Kultstätten geschehen, also auch an den Quellen, diesen Wohnorten göttlicher Mächte, den Eingängen zu einer geheimnisvollen Welt. In der pseudoaugustinischen Homilie de sacrilegiis[1], die nach C. P. Caspari (S. 69 f. 73) in Niederfranken wahrscheinlich im achten Jahrhundert verfafst ist, wird

[1] Eine Augustin fälschlich beigelegte homilia de sacrilegiis herausgeg. von C. P. Caspari. Christiania 1886.

als Rückfall ins Heidentum bezeichnet, wenn jemand an einer Quelle betet[1]. Unter den Beichtfragen des Corrector Burchardi c. LVII fehlt nicht, ob der oder die Beichtende an Quellen, Steinen, Bäumen oder Kreuzwegen gebetet habe — ein Zeugnis also vom Anfange des 11. Jahrh. aus Rheinfranken.

Von den zahllosen Wiener Weibern und Männern, die aus dem Schlamm oder von den Steinen des Jungfernbrünnels am Kahlenberge die Glücksnummern des Lotto erfahren wollen, wird auch gebetet, aber nicht aus frommem Gemüte (Vernaleken, Mythen S. 4).

Dagegen flofs aus tiefster Sele das Gebet der armen Pfarrwitwe, die in der Theurung von 1538 mit ihren zwei Kindern an den Brunnen bei Oderwitz in der Lausitz ging und um Brot betete: sie sah dort eine Erscheinung, die ihr verhiefs, sie werde zu Hause Mehl finden, und so geschah es. Die gleiche Sage geht von dem Hungerbrunnen[2] im Olbersdorfer Forst an der alten Leipaer Strafse. In jener Hungersnot sei eine fromme Frau aus Zittau mit ihren beiden Kindern in der Herzensangst zu jenem Brunnen gegangen, habe um Brot gebetet und sei erhört worden (K. Haupt, Sagenbuch der Lausitz 1, 255). Der Kernpunct dieser Sagen ist, dafs die bedrängten Frauen in ihrer Not zu einer Quelle sich wandten, in demselben Glauben, wie nach Vergils Georgikon IV, 319 Aristæus, da er seine Mutter Kyrene anrufen wolte — — morboque fameque | tristis ad extremi sacrum caput adstitit amnis. An der Quelle schien dem Menschen die Gottheit am erreichbarsten zu sein.

Der erprobte Satz Do ut des war dem natürlichen Menschen früh auch in seinem Verhältnis zur göttlichen Macht förderlich erschienen. Er kam daher nicht mit leeren Händen auf die Stätte der Verehrung, wenn er von dem göttlichen Wesen etwas begehrte. Glaubte er dasselbe erzürnt, so suchte er es durch ein Opfer zu versöhnen. Opfer stehn in Mitte des Kultus, so auch in der Verehrung der milden Quellfrauen und der wilden Flufsdämonen.

[1] — ubi fons aut rivus de capite exurget, quicumque ibi oraverit, sciat se fidem et baptismum perdedisse II, 3.

[2] Hier scheint der Name Hungerbrunnen die Veranlassung gewesen, so wie das bekränzte Brot, das auf dem Denkstein dabei zu erkennen sein soll, um die typische Sage an den Ort zu knüpfen.

Blutige Opfer wurden den Wassergottheiten auch von den Deutschen gebracht. Menschenopfer sind an den Quellen selten gefallen, wol aber an Strömen und Seen, also an fliefsendem Wasser und an tieferen und grösseren Wasserbecken.

Bekannt ist von den Römern und Griechen[1], wie das Überschreiten eines Flusses besondere Ceremonien forderte, und daher auch die Brücken sakraler Hut unterstellt waren. Bei den Germanen wird es nicht anders gewesen sein. Jenes furchtbare Menschenopfer, das der Frankenkönig Theudebert 539 bei seinem Einfall in Italien brachte, als er mit seinem Here über die alte Pobrücke zog (Prokop, B. g. II, 25), wird zwar von Prokop nicht unbegründet ein Erstlingsopfer des Krieges genant, es ist aber zugleich ein Opfer an den Flufsgott, gleich den Argei auf der Tiberbrücke, dem pons sublicius. Bis in die Gegenwart erhielten sich Spuren der Brückenopfer. In Böhmen mufs die Wöchnerin, wenn sie zum ersten Male über eine Brücke geht, einige Geldstücke in das Wasser werfen, damit ihr der Wassermann das Kind nicht raube (Grohmann, Aberglaube Nr. 115). Und jene weitverbreiteten, nicht blofs deutschen, bis in die Gegenwart erhaltenen Sagen, von der notwendigen Einmauerung eines lebenden Menschen in den Brückenbau bewahrten die Erinnerung an die Brückenopfer aufs zäheste.

Weitverbreitet und fast an jeden gröfseren Flufslauf oder Teich geknüpft ist der Glaube, dafs der Nix oder Wassermann jährlich ein oder mehrere Menschen als Opfer fordere, und wenn die Stunde dafür gekommen, durch seinen Ruf oder durch Pfeifen (U. Jahn, Pommersche Sagen Nr. 185), durch gellendes Lachen, gleich dem isländischen Marbendill (marmennil) (Eisel Nr. 630), oder auch durch einen glockenähnlichen Klang aus der Tiefe (U. Jahn, Sagen Nr. 179. 285. Sartori in meiner Zeitschrift VII, 119) den zum Tode bestimten Menschen mit unwiderstehlicher Gewalt zu sich locke. »Jeder Nix hat das Recht, alljährlich einen Menschen zu ertränken«, heifst es in der Lausitz an der oberen Spree und an der Neifse (K. Haupt, Sagenb. 1, 47). »Zeit und Stunde ist da, aber der Mensch noch nicht«, ganz ebenso dänisch: tiden og stunden er kommen, manden ikke, hört man aus dem Wasser rufen und sieht dann einen Menschen herzu eilen und sich in das Wasser stürzen, nach dem Volksglauben[2]. Selbst wenn der gerufene mit

---

[1] Preller, Röm. Myth. II, 134 f. E. Curtius, Griech. Quell- und Brunninschriften 154.

[2] Bartsch, Mecklenb. Sagen 1, Nr. 557. U. Jahn, Pommersche S. Nr. 186. 189. Deeke, Lübische Geschichten Nr. 200. Woeste, Volksüberliefer. S. 44. Lyncker, Hess. Sagen Nr. 109.

Gewalt von dem Wasser zurückgerissen wird, stirbt er zur bestimmten Stunde, namentlich wenn er mit den Lippen Wasser berührt (Wolf, Hess. Sagen Nr. 201. Schambach-Müller Nr. 84. 85. U. Jahn, Pommersche Sagen Nr. 191. Asmus-Knoop, Sagen a. d. Kreise Kolberg S. 17)[1].

Nach jütischem Volksglauben ist Rettung nur möglich, wenn rasch ein Thier als Opfer untergeschoben wird. In der Livenå im Wendesyssel müssen jährlich zwei Menschen ertrinken. Da lagen einst Knechte in einem Heuschuppen nahe bei und schliefen. Einer aber wachte und hörte eine Stimme Peder, Peder, rufen. Sein schlafender Gefährte hiefs Peder, und da rief der wachende: Hier ist kein andrer, der Peder heifst, als unser Hund. Als er das gesagt, fuhr der Hund hinaus und war verschwunden.

An der Ryå ging ein Mädchen entlang und hörte eine Stimme sagen: »Zeit und Stunde ist kommen, der Mensch nicht«. Da rief sie: »Nicht mich, sondern den Hund!« Und der Hund lief sofort in die Aa und ertrank (Kristensen, Sagen II, 156)[2].

Verwandt hiermit ist, dafs die Müller an der Bode in Thale am Harz, wenn das Wasserhuhn pfeift, worauf immer ein Mensch ertrinken mufste, dem Nickelmann ein schwarzes Huhn ins Wasser warfen, um das Opfer abzulösen. Ja die Wassergottheit begnügt sich mit einer Nachbildung des Menschen, sie verlangt nur die Anerkennung ihres Rechtes. Römische Sage berichtete, dafs Herkules oder die zurückgebliebenen argivischen Genossen die bisher dem Tiberstrom gebrachten Menschenopfer durch Binsenpuppen ersezt hätten. Jährlich am 15. Mai wurden vier und zwanzig solche Binsenmänner durch die Vestalinnen in den Tiber geworfen (Preller, Röm. Mythologie 2, 137. Mannhardt, Antike Wald- und Feldkulte 265).

Die Stroh- und Lumpenpuppe, die am Sommer- oder Totensonntage (D. Laetare) in Franken, Thüringen, Meifsen, Lausitz, Schlesien, Böhmen und Mähren unter dem Namen Tod (Smrt, Smieré) in das Wasser (oder über die Grenze) geworfen wird, ist auch nur Ersatz für einen lebenden Menschen, der beim Frühlingsbeginn geopfert ward für die Fruchtbarkeit des Jahres.

---

204. Wolf, Hess. Sagen Nr. 201. v. Pfister, Sagen aus Hessen S. 93. E. Sommer, Sagen aus Thüringen S. 40.

[1] Vereinzelt steht der Bericht bei Deeke Nr. 200, dafs der gerufene gerettet wird.

[2] Feilberg, Skaebentroen im Aarbog for danske Kulturhistorien 1897. S. 45 f. bemerkt dazu, dafs die türkischen Juden glauben, ein Schwerkranker könne dem Tode entgehn, wenn er den Namen wechsele. Mit dem andern Namen werde er selbst ein Andrer.

Nicht minder geht der deutsche und slavische Frühlingsbrauch der Laubbekränzung eines Knaben oder Mädchen, die in das Wasser geworfen werden, auf ein Menschenopfer zurück, das der fruchtbaren Wasser- und Regengottheit gebracht worden ist (Meine Abhandlung zur Geschichte des heidnischen Ritus 20–26).

Die Wassergeister fordern ihr Opfer meist zu Johannis, am Mittsommerfeste. Vieler Orten hat das Volk das nicht vergessen, oft weiſs es nur, daſs alljährlich der Ruf nach dem Opfer ertönt. In Böhmen ist der Prokopitag, 4. Juli, wie früher (S. 45) gesagt, der Opfertag. Zuweilen ist die Zahl der verlangten Menschen eine gröſsere. In Köln wird gesagt, S. Johann wel hann verzehn dude Mann, siben de klemme (klimmen), siben de swemme. Die Leine (bei Göttingen) fret alle Jahr teine (Schambach, Sprichwörter S. 89); der böhmische Wassermann will am Prokopitag sieben oder neune; am Rigi und um Luzern heiſst es: S. Johannis fordre drei Opfer (Lütolf S. 107); der Tempelburger See nimmt am liebsten drei Opfer auf einmal (U. Jahn, Pommersche Sagen Nr. 191); die Liverå in Jütland fordert zwei Opfer (Kristensen, Sagen 2, 156); der Frickenhauser See in der Rhön und der Wienfluſs wollen wenigstens einen Menschen (Wucke, Sagen Nr. 787. Vernaleken, Mythen 167).

Eine groſse Genügsamkeit wird der Werra bei Lauchröden (Wucke Nr. 234) und dem Schloſsweier von Neumarkt in der Oberpfalz (Schönwerth 2, 177) zugemutet, die nur alle sieben Jahre ihr Opfer haben wollen.

In dem vorangegangenen sind bereits Namen von Gewässern genannt, die im Rufe stehn, Menschenopfer als Recht zu fordern. Indessen will ich noch eine Zusammenstellung machen, aus der hervorgehn wird, daſs in Nieder- und Mitteldeutschland jener Glaube zäher haftet als in Oberdeutschland. Oder solte das nur Schuld der oberdeutschen Sagensamler sein?

Flüsse: Trave, Elde in Mecklenburg, Rega in Pommern; Elbe, Havel, Spree, Sale, Bode, Mulde, Elster, Unstrut, Pleiſse; Oder, Lausitzer Neiſse; Werra, Fulda, Lahn, Haun, Löhn, Mümling, Kinzich (bei Hanau); Rhein, Neckar; Pfreimt und andre oberpfälzische Flüsse; Donau, Wienfluſs; Kokel in Siebenbürgen.

Seen und Teiche: Glambecker und Wanzker See in Mecklenburg; der Demminer, Madüer, Wangeriner, Arnswalder, Nörenberger, Vilm-See in Pommern; der Moringer (Opfer)teich in Hanover; der Heiligensee, Mohrinersee, Lehniner See in der Mark; der Salzungersee im Werrathal, der Fricken-

7*

hauser See in der Rhön, die Totenlache bei Fulda; der Schlofsweier bei Neumarkt in der Oberpfalz; der Waschteich auf dem Elbing in Breslau.

Von Brunnen fand ich nur den alten Brunnen vor dem Mainzer Thore zu Friedberg in der Wetterau als einen bezeichnet, der jährlich sein Opfer haben will.

Im allgemeinen werden die Flüsse oder Seen dabei personifizirt; doch wird auch von dem Wassermann oder der Nixe gesprochen, die den Ruf oder ein andres Zeichen, wovon früher schon gesprochen, geben, dafs die Zeit zum Opfer gekommen sei. In der Werra bei Lauchröden erscheint ein mächtiger Fisch, der matt auf dem Wasser schwimmt und verlockt, ihn zu fangen; dabei ertrinkt der Mensch (Wucke Nr. 234). Von dem Mohriner See in der Mark heifst es, dafs eine weifse Gestalt den zum Tode bestimmten Mann in das Wasser verlocke (Kuhn, Märk. Sagen Nr. 230), bei dem Mittelsee zwischen Lehnin und Schwine eine Frau mit weifser Hucke (ebd. Nr. 83).

Erhalten ward der Glaube an die Wasseropfer durch die zahlreichen Unglücksfälle, die im Hochsommer bei dem Baden jährlich geschehen. Aber der Glaube selbst wurzelt in einer sehr alten Zeit, welche Menschenopfer auch den niederen Naturgottheiten brachte. Für die Beurteilung der Angabe von Tacitus, Germ. 9, dafs nur dem höchsten germanischen Gotte Mercurius (Wodan) das höchste Opfer, der Mensch, falle, mufs dies benuzt werden.

Die gewöhnlichen lebenden Opfer, die den Quellgeistern gebracht wurden, waren kleinere Thiere. Das Böcklein, das Horaz seinem bandusischen Quell verheifst (Od. III, 13), bringen Norweger dem Geiste eines nordwärts stürzenden Wasserfalls, dem Fossegrim, und werden dafür von ihm im Geigenspiel unterrichtet (Faye, Norske folkesagn 57).

Vorzüglich werden Hühner geopfert worden sein, wie wir aus späterem Brauche schliefsen dürfen. Schwarze Hennen sind noch heute in katholischen süddeutschen Ländern die gewöhnlichen lebenden Opferspenden an die Kirchenheiligen, wenn ihre Hilfe in Krankheiten erbeten wird[1]. An Quellen geopfert kann ich sie zwar nicht aus deutschen Gegenden nachweisen, aber wol aus dem böhmischen Elbquellenbereich (oben S. 43), ferner aus Gnesen, wo man am Johannistage zur Abwendung des Todes

[1] Vgl. u. a. Panzer, Bayr. Sagen 2, 32. Im Salzburgischen sind diese Hühneropfer bei Gnadenbilderkirchen noch sehr üblich.

dreier Menschen drei weiſse Hähne schlachtete (Knoop, Sagen aus Posen S. 32), und aus Wales, wo an einer Quelle der h. Thekla der Mann einen Hahn, das Weib eine Henne opfert (Runge, Quellkult S. 210). In Thale am Harz opferte man der Bode statt des geforderten Menschen ein schwarzes Huhn, indem man es in den Fluſs warf (Kuhn-Schwartz, Nordd. Sagen S. 426).

Über gröſsere Opfer, die bei der Gefahr der Überschwemmung üblich waren, wird später gehandelt werden. Aber hier sei eines abergläubischen Brauches im Böhmerwalde gedacht. Ist ein Kind totgeboren, woran die wilden Weiber schuld sind, so schneidet der Vater einem neugeborenen Kalbe den Kopf ab, wirft ihn von der Brücke über sein Haupt weg ins Wasser und eilt, ohne umzublicken, heim. Dort findet er das Kind lebendig (Grohmann, Sagen 1, 135). Durch das Thieropfer kauft der Vater sein Kind von dem Wassermann zurück, bei dem die Selen der kleinen Kinder gedacht werden. —

Freundlich und anmutig sind die Opfer aus der Pflanzenwelt. An dem römischen Brunnenfeste, den Fontinalia (13. Oct.), bekränzte man die putei und warf Blumen in die fontes. Seiner bandusischen Quelle spendete Horaz Wein und Blumen auſser des Böckleins Blut. In Attika pflanzte man Veilchen (Aristophan. Friede 577) um die Brunnen. In die Quellen des Eurotas und des Alpheios wurden Kränze geworfen.

Bei uns war und ist es nicht anders. Mit der Wintersonnenwende, die den Anfang der Frühlingsgebräuche macht, weil die Sonne nun nicht weiter sinkt, sondern allmählich zu steigen beginnt, können wir anheben.

In einigen Orten des Wasgenwalds legen die Knaben in der Weihnacht Grünes an den Rand des Dorfbrunnen (W. Hertz, Deutsche Sage im Elsaſs S. 20).

Am zweiten Ostertage werfen in Hessen die auf den holen Stein bei Hilgershausen ziehenden Leute Blumensträuſse in den kleinen See (Grimm, Mythol. 52. Lyncker, Sagen Nr. 346). Am Himmelfahrttage fand zu Basel im 14. Jahrh. der Bannritt um die Felder statt; dabei schmückten sie den Kormarktbrunnen mit Maien. Das geschah alles Gott dem Allmächtigen zu Lob und Ehr, der Frucht zum Schirm und der Gemeinde zu Trost für Ungewitter (Fechter, Basel im XIV. Jahrhundert S. 25).

In Rorrington, Pfarre Chirbury in der englischen Grafschaft Shropshire, war eine heilige Quelle, an der ein kirchliches Fest zu Christi

Himmelfahrt begangen ward. Die Quelle war mit einer Laube aus grünen Zweigen, Binsen und Blumen geschmückt, und ein Maibaum (maypole) war aufgestellt. Das Volk umschritt die Quelle, trank daraus, warf Nadeln hinein, tanzte und jubelte und afs besondere mit einem Kreuz gezeichnete Würzkuchen. Das solte alles Glück bringen (Gomme, Ethnology in folklore 82). Die Grafschaften Shropshire, Worcestershire, Staffordshire, Derbyshire sind überhaupt die Gegenden, in denen die Bekränzung (garland dressing) der Brunnen zu Hause ist. In Irland ist der letzte Sonntag im Juli der Garland Sunday, an dem die Brunnen mit Blumen gepuzt werden (Folklore IV, 182).

Im südlichen Thüringen werden zu Pfingsten die Brunnen mit jungen Laubbäumen umsteckt und bekränzt, auch ein Maibaum mit Bändern und bunten Tüchern wird aufgerichtet. Bei der Dorflinde wird getanzt (Witzschel, Sagen 2, 204. Wuttke § 12). In Mendt im Nassauschen wird am 2. Feiertage zum Gangolfsbrunnen gewallfahrtet, und die Kinder bekränzen den Brunnen (Gräfse, Sagenbuch des Preufs. States 2, 732). Im Frickthal in der Schweiz wird die Pfingsthutte (ein mit Grün besteckter Tragkorb) auf den Hauptbrunnen des Ortes gestellt (Rochholz, Alem. Kinderspiel S. 507).

In ganz Hessen und auch im Fuldischen werden die Brunnen zu Johannis bekränzt. In Fulda wird dann auch der neue Brunnenherr gewählt, dem die Wahl durch einen grofsen Blumenstraufs angezeigt wird. Sein Haus schmückt man mit Maien, und er sammelt dann von Haus zu Haus Gaben für einen Trunk der Nachbaren am nächsten Sonntag (Lyncker Nr. 336). In Wolfhagen in Hessen sezt die Magd, welche am Johannismorgen zuerst zum Brunnen geht, demselben einen grofsen Kranz von Feld- und Wiesenblumen auf. In Treysa wird die Brunnenfigur, das Johannismännchen, bekränzt (Lyncker, Sagen Nr. 335. 336).

Ohne Angabe des Tages wird berichtet, dafs die Schaffhäuser Kinder Kränze und Blumensträufse in den Rhein werfen, indem sie rufen: Gigampf Wasserstampf[1]! In den Ilkenborn bei Sievershausen werfen die Kinder aufser andern Gaben auch Blumen (Schambach-Müller, Nieders. Sagen S. 60).

Hervorhebung verdient endlich der in den Ostseebädern bestehende Brauch der Frauen, bei ihrem letzten Bade der See ein Dankopfer zu bringen.

[1] Aus R. Tanner, Heimatliche Lieder, von Rochholz, Alem. Kinderspiel angeführt.

In Swinemünde werfen sie dann einen Kranz in die Wellen. Nehmen diese ihn mit hinaus, so ist es ein Zeichen guten Erfolges der Bäder (Kuhn-Schwarz, Nordd. Sagen S. 464).

Gleiches wird aus Memel und andern preufsischen und kurischen Badeorten berichtet. Die Opfergaben sind Blumen, Kränze, auch kleine Münzen. Die Badefrauen glauben eine weifse Frau zuweilen in der See zu sehen, die nach dem Lande hin winke, denn eine der Badenden müsse in jedem Jahre sterben, damit die andern genesen können (Mittheilung von Frl. Rehsener aus Memel).

Eine uralte Opferspende an die Götter sind zubereitete Speisen, von denen die Naturvölker wie die kultivirten glaubten, dafs die Unsterblichen sie gern genössen. Heute noch werden in deutschen Ländern den Hausgeistern für die Nacht Speisen auf den Herd gesetzt; auch für die armen Seelen geschieht es. So finden wir denn auch den Wasserelben Speisen dargebracht.

Eine Beichtfrage im Corrector Burchardi c. 57 ist: Hast du Brot oder irgend ein Opfer zu den Quellen gebracht oder dort gegessen?

In den Reinhardsbrunnen bei Göttingen warfen die Kinder früher besonders zu Pfingsten Kuchen oder Zwieback und die Mütter oder Mägde sagten den Kleinen dabei, das sei für die ungeborenen Kinder, die in dem Brunnen säfsen. Ebenso warfen oder werfen die Kinder Brot und Zwieback aufser den Blumen in den Ilkenborn bei Sievershausen (Schambach-Müller, Niedersächsische Sagen Nr. 81). Dem Diemelnix (Diemling) wirft man jährlich Brot und Früchte ins Wasser (Grimm, D. Mythol. 462), ebenso wird in den Neckar Brot geworfen (Wuttke § 429). Die Kinzich bei Hanau mufs jährlich einen Laib Brot und ein Mäfschen Salz erhalten, sonst ruft es am Ende des Jahres: Die Zeit ist um und der Mensch ist noch nicht da!, worauf, wie wir wissen, bald ein Mensch ertrinken mufs (v. Pfister, Sagen aus Hessen S. 93).

In den Bauernhöfen um Reichenberg in Böhmen in gutdeutscher Gegend wirft am Gründonnerstage ein Knecht vor Sonnenaufgang, nachdem er sich schweigend im fliefsenden Wasser gewaschen, ein mit Honig[1] bestrichenes Brotstück in den Brunnen, ein andres in die junge Saat. Anderwärts wird

[1] Am Gründonnerstag mufs man Honig essen (Böhmen, Lausitz, Schlesien).

etwas Honig nur in den Brunnen geworfen, damit das Wasser frei von Ungeziefer und immer rein bleibe (v. Reinsberg, Festkalender S. 120 f.).

In der Oberpfalz hält man es für schädlich, im Winterhalbjahr (Michaelis bis Walpurgis) aus den offenen Brunnen zu trinken, weil dann die Kröte nicht drin sitze, die im Sommer das Gift aus dem Wasser an sich zieht. Will man dennoch trinken und keinen Schaden nehmen, so werfe man drei Brotkrumen zuvor hinein oder blase dreimal hinunter (Schönwerth 2, 171).

In Oberoesterreich werfen am Tage des h. Nikolaus, ihres Patrons, viele Müller alte Kleider[1], Efswaren u. s. w. ins Wasser, um das ganze Jahr über mit dem Wassermann gut zu stehn.

In der Wetterau und in der Oberpfalz wirft man, um die Leiche eines Ertrunkenen zu finden, einen frischen Brotlaib in das Wasser, in Böhmen steckt man aufserdem eine geweihte Kerze in ein dem Brote eingeschnittenes Loch. Wo das schwimmende Brot, das als Opfergabe den Wassermann zur Herausgabe des Toten bestimmen soll, stehn bleibt, dort liegt die Leiche (Wuttke § 371. Grohmann, Aberglaube Nr. 318. 319).

Im Salzburgischen wurden am h. Weihnachtabend die Elemente gefüttert: in die Luft streute man Mehl, in die Erde vergrub man etwas Speise und in das Wasser und das Feuer warf man ebenfalls Efsbares (Wolf-Mannhardt, Zeitschr. f. Mythol. 3, 334).

In Mähren legen sie am heiligen Abend (Weihnachten) von jeder Speise einen Löffel voll auf einen besondern Teller und schütten nach dem Essen alles in den Hausbrunnen. Der es thut, spricht: »Der Hausvater grüfst dich und läfst dir durch mich sagen: Brünnlein, geniefs mit uns das Festmahl, aber dafür gieb uns Wasser in Fülle. Wenn in dem Lande Durst herschen wird, dann treib ihn mit deiner Quelle aus!« Auch sucht man dabei die Zukunft zu erforschen und spricht: »Brünnlein, Brünnlein, ich bringe dir das Abendmalchen, sage mir die Wahrheit, was geschehen werde« (Grohmann, Aberglaube Nr. 321).

Ganz stimmt zu diesem čechischen Brauche, was von dem Isländer Thorstein Rotnase (raudnefr) erzählt wird, der seinen Hof nahe bei einem Wasserfall hatte. Er opferte dem Geiste des Wasserfalls stets die Reste der Malzeit und erkundete dabei die Zukunft. In der Nacht, da er starb,

---

[1] Darüber unten S. 65 f.

stürzten sich seine Schafherden (20 Grofshundert = 2400 Schafe) in den Wasserfall: sie gingen zu ihrem Herren, der nun unter dem Wasser wohnte (Landnámabók V, 5).

In Luxemburg wird am fünften Sonntag nach Ostern von Skrofelleidenden und Augenkranken bei dem Quirinusbrunnen vor der Stadt getrocknetes Schweinefleisch[1] geopfert (Gredt, Sagenschatz Nr. 871).

Gregor von Tours berichtet in seiner Schrift De gloria confessorum c. 2 (SS. rer. Meroving. I, 749) von der Wallfahrt zu dem See auf dem Berge Helanus im Gabalitaner Bezirk (Depart. de Lozère) und den verschiedenen Opfern, die dem See gespendet wurden, und nennt unter andern Käse, Wachs und Brot. Käseopfer kann ich aus Deutschland nicht nachweisen, wol aber aus Schottland, wo auf dem Gipfel des Minch-muir in Peeblesshire eine Quelle wegen des hineingeworfenen Käses Cheesewell hiefs nach dem Zeugnis von Walter Scott, On the fairies § 6 (Liebrecht, Gervasius 101).

Bekannt ist allgemein, dafs im alten Italien in Quellen und als heilkräftig geltende Seen Münzen, Silbergefäfse, kleine Götterbilder und Nachbildungen der geheilten Glieder der Gottheit des Ortes (Genio fontis, Genio numini fontis, Fonti sanctissimo, Nymphis, Aquis sacris) geopfert wurden so gut wie in Tempeln. Funde in Quellen und Seen zeugen gleich den Inschriften dafür. In den römischen Provinzen geschah es ebenso. So sind, um nur einiges aus Deutschland anzuführen, in dem Pyrmonter Brunnen silberne Schmucksachen (Fibeln) und ein silberner Becher mit Inschrift gefunden worden, römische Münzen in der Quelle von Dux in Böhmen, in dem Schwalheimer Mineralbrunnen in der Wetterau (Zeitschr. d. Vereins f. hess. Gesch. VII, 29), in einem Brunnen zu Waidmannsdorf bei Klagenfurt römische Münzen und eine Fibel (Meine Zeitschrift VII, 421). Aus Schweizer Heilquellen, so zu Baden im Aargau, Leuk, aus der Brunnenquellgrotte zu Biel, aus dem Salzbrunnen von Niederbronn im Elsafs sind römische Münzen, meist Kupfermünzen der Kaiserzeit, zu hunderten herausgekommen. Ein Nachspiel war der Bajocco, den die deutschen Maler beim Abschied von Rom in die Fontana Trevi warfen, als Opfer das ihre Rückkehr verbürgen sollte.

[1] Schinken werden auch in der Jobskapelle auf dem Kohlenberge bei Beckerich von solchen, die an Geschwüren leiden, geopfert (Gredt Nr. 885).

Der Brauch ist nicht erloschen, denn der Gläubige, der in den Heiligenstock der Kirchen und Kapellen Opfergeld thut, wirft es auch dankbar in das heilkräftige Wasser. In Frankreich, in der Bretagne, in Wales, Irland, Schottland, auf der Insel Man und den Hebriden werden von Kranken noch heute kleine Münzen in Quellen, Bäche und Seen geopfert (Rev. d. Trad. pop. XII, 411. XIII, 90. Sébillot, Légende dorée 103. Folklore V, 222 f.; VIII, 281). Aus Schweden, Rufsland, Indien ist gleiches berichtet. In Esthland empfangen die sogenanten Wetterquellen Geldopfer, damit sie keinen Hagel über die Felder schicken (Kreutzwald und Neufs, Myth. u. magische Lieder der Esthen, Petersburg 1854, S. 115). In Norwegen ist es bis in das 18. ja bis in das 19. Jahrh. üblich gewesen, Münzen in die heiligen Quellen zu werfen, nachdem man zur Genesung daraus getrunken hatte. Selbst die Silbermünzen blieben unangetastet darin liegen, denn man glaubte, Unglück werde den treffen, der sich daran vergreife (Bang, Hellige Kilder S. 3). So hatte sich in der Haugsquelle bei der Filialkirche Trömborg in Eidsberg ein kleiner Schatz angesammelt, den aber die Schweden 1814 ausraubten (Bang S. 2). In die S. Olafsquelle bei der Vaalerkirche thaten die Kranken bis gegen 1830 Münzen (penge) und andres Silber (a. a. O. S. 3). Aufser den Münzen wurde auch hier und da ein Kleidungsstück oder wenigstens ein Lappen an der Quelle zurückgelassen. Darüber weiterhin.

Aus Deutschland kenne ich nur zwei Beispiele für volksthümliches Fortleben dieses Geldopfers, und zwar an Wöchnerinnen geheftet. Im Voigtlande glaubt man, dafs Geld, das eine Wöchnerin in den Brunnen thut, reichlichen Flufs des Wassers bewirke (E. Köhler, Volksbrauch S. 419); und im benachbarten Deutsch-Böhmen heifst es, eine Wöchnerin solle beim ersten Ausgange, wenn sie über eine Brücke geht, einige Geldstücke in den Bach werfen, damit ihr der Wassermann das Kind nicht ins Wasser ziehe (Grohmann, Aberglaube Nr. 858).

Das Opfer von Kostbarkeiten an die Wassergottheiten hat aber deutscher abergläubischer Brauch bei grofsen Gefahren festgehalten, die man fürchtete. Als die Quelle der Blau (der Blautopf) in Blaubeuren in Schwaben im J. 1614 so stark anschwoll, dafs man eine Überschwemmung besorgte, veranstaltete man einen allgemeinen Bettag und zog zu der erzürnten Quelle. Da warf man zwei vergoldete Becher hinein und das Toben des Wassers hörte auf (Birlinger, Volksthümliches 1, 133). In der ehemaligen Gruftkirche in München, die bis 1805 in der Gruftgasse stund, wurde nach

Münchener Sage alle Tage eine Messe wegen des Walchensees gelesen und alle Jahre ein goldener Ring geweiht, der in den See geworfen ward, damit der Walchensee nicht ausbreche und ganz Baierland überschwemme (Panzer, Sagen 1, 22). Noch um 1850 erzählte man sich in München, dafs die Herzöge von Baiern beim Regierungsantritt an den Walchensee fuhren und in seine tiefste Stelle einen goldenen Ring versenkten, um die Seegeister zu versöhnen und das Land vor Wassergefahr zu bewahren[1].

Auch in den Ammersee soll jährlich nach einem h. Amte ein goldener Ring geworfen worden sein, damit er nicht über Baierland sich ergiefse (Panzer 2, 237).

Wenn auf dem Dreisesselberge im Böhmerwalde der See durch hineingeworfene Steine erzürnt wird, beschwichtigt man ihn durch einen goldenen Ring (Panzer 2, 139).

Der Lachtelweier unweit Kirchberg im Masmünsterthal im Elsafs ist eins der bösen Gewässer, die jährlich ein Menschenopfer verschlingen. Die armen Selen der Ertrunkenen gehn bis zum Weltende um. Sie wären aber zu erlösen, wenn jemand einen goldenen Teller in das Wasser würfe (Stöber-Mündel, Sagen 1, 40). Eine Umgestaltung des ursprünglichen Sinnes des Opfers ist hier durch den katholischen Volksglauben vollzogen.

Es sei endlich erlaubt, an das Opfer des alten Heiden Tiberius zu erinnern, der nach Sveton (Vit. Tib. c. 14) die goldenen Würfel, mit denen er an der Quelle des Aponus bei Padua über sein Schicksal hatte losen lassen, in die Quelle opferte. Zu Svetons Zeit sah man sie noch darin liegen. —

In der Bretagne, in Cornwall, Wales, Schottland, Irland giebt es Quellen, in welche seit ältester Zeit und noch jetzt Nadeln (pins) geworfen werden, und die man daher pinwells genannt hat (Gomme, Folklore in Ethnology 82–87). Es liegt wol am nächsten, die Nadeln gleich den Münzen und den Blumen für ein Opfer an den Brunnengeist zu nehmen. Da bei dieser Gabe ein Wunsch ausgesprochen oder gedacht wird[2], der gewöhnlich auf Liebe und Heirat geht, so erscheint jene Ansicht bestätigt. Aus der Richtung der Nadelspitze nach der Himmelsgegend, die sie im

[1] Der sogenannte Vermählungsring des Dogen von Venedig war eine Opfergabe an die Adria, um sie der Stadt und ihrer Schiffahrt gnädig zu stimmen.

[2] Denham, Tracts, edited by James Hardy II, 153 f. London 1895. Gomme, Folklore in Ethnology S. 81.

Wasser nimmt, wird auf die Erfüllung des Wunsches geschlossen. Von der St. Aelianquelle bei Bettws Abergeley in Denbighshire in Wales wird eine Zauberhandlung mit einer in das Wasser geworfenen Nadel und einem Kiesel berichtet (Henderson, Folklore of northern Counties S. 3).

Man hat auch daran gedacht, dafs die Nadel zur Befreiung von einer Krankheit dienen solle, und ein von E. S. Hartland (Legend of Perseus 2, 201) angeführter Bericht des Prof. Rhys bezeugt, dafs mit der Nadel die Warze, die man los werden wolte, durchstochen und dann die Nadel, nachdem man sie gekrümmt, in die Quelle geworfen wurde. Auch ohne die Durchstechung wird das Opfer einer Nadel durch kranke Kinder an die St. Bedaquelle zu Monkton bei Jarrow für das 18. Jahrhundert bezeugt (Denham, Tracts II, 156 f.). Die Krümmung der Nadel ist allgemein; in den walisischen Quellen liegen immer crooked pins (Denham, Tracts II, 151. 153).

Aus der Bretagne von dem altberühmten Brunnen von Berendon (Barenton im Walde Brezeliande) bezeugt Villemarqué (Revue de Paris XLI, 47—58), dafs die Kinder in denselben Stecknadeln mit dem Sprüchlein würfen: Ris donc fontaine de Berendon et je te donnerai une épingle.

Erwähnt sei die Meinung von Edw. Sidney Hartland, die er in dem Kapitel Sacred wells and trees des 2. Bandes seiner Perseuslegende (228—231 namentlich) zu beweisen suchte, dafs diese Versenkung einer Nadel ins Wasser gleich dem Einschlagen von Nägeln in Bäume, dem Werfen von Steinen und Holzscheiten auf einen Haufen, dem Hängen von Kleiderstücken und Lappen auf Sträucher und Bäume eine religiöse Ceremonie sei, welche die Vereinigung des Menschen mit dem göttlichen Geiste der Quelle, der Steine, der Bäume bedeuten solle. Ich meine aber, dafs die hier zusammengestellten mystischen Handlungen sehr verschiedenen Grund haben und nicht vermischt werden dürfen. Ich vermag in diesen Nadeln nur eine Opfergabe zu sehen, theils um ein Orakelzeichen, theils um Befreiung von einem Leiden zu gewinnen. Durch die gebogene Nadelform wird man an die Fiebeln erinnert, die den Nymphen wie andrer Schmuck geopfert wurden.

Weihegaben von Nadeln sind mir in deutschem religiösem Brauche aus Quellen nicht bekannt worden, ebenso wenig solche von Nägeln. Dieselben kommen in bretonischen und englischen Quellen vor. S. Maudez, ein bretonischer Heiliger, heilt die clous aux membres (Furunkel); daher opfert man ihm clous à lattes, Schindelnägel; sie dürfen aber weder gezählt noch gewogen

werden. Eine Quelle, zu der deshalb gewallfahrtet wurde, fliefst bei der zerstörten Kapelle von Trébry in der Hochbretagne (Sébillot, Légende dorée 73). Hier ist das Nagelopfer ein sympathetisches Mittel: es ist das alte clavo clavum eicere.

In der Grafschaft Kent giebt es nach Brand (Observations on the populair. Antiquit. of Great Britain 2, 232) jene auch bei uns sehr bekannten aussetzenden und auf Fruchtbarkeit oder Theurung vordeutenden Quellen, deutsch Hungerquellen genant, die dort von dem Nagelopfer Nailbournes heifsen (Liebrecht, Gervasius 130). Wahrscheinlich wolte man das Böse, das mit dem Fliefsen dieser Quellen verbunden war, durch die Nägel fest halten, annageln. Es waltet also hierin derselbe Glaube wie in Rom, wonach Nägel als Heil- und Sühnmittel dienten, zum festnageln (defigere) von Krankheit und Zauber. In diesem altrömischen Sinne ist das Nageln in Holz und in Stein auch aus deutschen Landen zu erweisen. In dem Kremsthal in Oberösterreich ist die Scheunenwand eines Bauernhofes bei Kirchdorf mit hunderten von Hufnägeln bedeckt, die alle als probates Heilmittel der Zahnschmerzen durch einen bäuerlichen Wundermann eingeschlagen worden sind. Mit Recht hat Dr. Joh. Huemer in Wien, dem wir jene Mittheilung verdanken (Zeitschr. für österr. Volkskunde 2, 363), an den bekannten Stock im Eisen in Wien erinnert, dessen Benagelung auch aus mystischem Grunde zu erklären ist, wie schon R. Andree (Ethnograph. Parallelen und Vergleiche. Stuttg. 1878. S. 51) gesehen hat. In Immenstadt im Algäu schlägt man Karfreitags vor Sonnenaufgang drei Nägel in eine Buche, um von Zahnweh befreit zu bleiben (Reiser, Sagen des Algäus 2, 114).

Den benagelten Holzwänden und Baumstämmen stehn gleichbedeutend die Nagelsteine[1] zur Seite, die sich westlich von der mittleren und unteren Sale, ungefähr von Apolda bis Zerbst, in ziemlicher Menge in Städten und Dörfern erhalten haben. Es sind gefrittete Sandsteine aus der Braunkolenformation, deren Hornspalten das einschlagen erleichtern. Nach der Volksmeinung ist das benageln nur im Gewitter oder Platzregen möglich, wenn der Stein weich werde. Manche dieser Steine sind mit mehr als hundert, oder nach volksthümlicher Schätzung mit tausenden von Hufnägeln besetzt. Die Benagelung bezweckte die Heilung von Krankheiten. In die sogen. Speckseite bei Aschersleben, die an der alten Strafse von Braunschweig nach Leipzig liegt, mufste jeder Rofskammknecht und jeder Handwerksbursch, der zum

[1] H. Gröfsler, Altheilige Steine in der Provinz Sachsen. Halle 1896. S. 1—39.

ersten Mal die Strafse zog, einen Nagel einschlagen, grade wie in den Wiener Stock im Eisen.

Als mystischen Einwurf in Quellen kenne ich, wie schon gesagt, die Nägel aus Deutschland nicht.

Dagegen sind Hufeisen in Quellen und Bächen in Schlesien und dem Voigtlande zu erweisen. In Schlesien wurden sie aus der Umgebung des alten Silingerberges, des Zobten, und seines Nachbarn, des Geiersberges, bekannt. Zu Schlaupitz, Kr. Reichenbach, warf man früher Pferdeeisen in den Aspenborn, eine stark eisenhaltige Quelle, und im Schwemmlande eines dortigen Baches stiefs man etwa einen Meter tief auf mehr als dreifsig Hufeisen der verschiedensten Form. Beim Schlemmen des Füllengraben, eines Wasserlaufs, an dem der Nachtreiter mit seinen Hunden oft erscheint, bei Striegelmühle am Zobten, fand man ein Lager von Hufeisen (Am Urquell 2, 189). Auch sonst in Schlesien sollen gleiche Funde gemacht sein. In Hirschberg war es nach mündlicher Mittheilung noch vor 30–40 Jahren Brauch, in die Hausbrunnen Hufeisen und andres Eisenzeug zu werfen, in der Meinung das Wasser zu bessern, oder wie in Schlaupitz vom Aspenborn gesagt wird, es zu härten.

Im Voigtlande hat man alterthümliche Hufeisen, sogenante Schwedeneisen, im Quellborn des ausgegangenen Dorfes Rückersdorf gefunden (Eisel, Sagenbuch Nr. 850), ferner im Quellschlamm von Tinz bei Gera (Jahresber. d. naturw. Gesellsch. von Gera. 1888. S. 215), bei einem Wallgraben unfern Struth (Eisel Nr. 919), im Kroatengraben bei Zickra (ebd. Nr. 709), ebenso auf sumpfigen Wiesen zwischen Letzendorf und Endschütz, und bei Tautenhain (Eisel Nr. 436. 574).

Sonst kann ich einen entsprechenden Fund nur aus der holländischen Provinz Utrecht nachweisen[1]. Bei Arbeiten an dem kleinen Fort Nieuwersluis an der Vecht wurde 2½ Meter tief der Rest eines Hochmorwäldchens gefunden, und zwischen den Baumstämmen eine grofse Menge alterthümlicher Pferdehufeisen, die nach dem Urtheil Sachverständiger von den Hufen abgerissen worden sein mufsten.

Man könnte die Hufeisen, die in Brunnen gefunden wurden, als Opfergabe deuten, die reichlichen Wasserflufs von dem göttlichen Wesen er-

---

[1] Baron Sloet hat darüber gehandelt in den Verslagen en Mededelingen der Akademie van Wetenschappen. Amsterdam 1885. Letterk. 3. R. 2. D. S. 315–343.

wirken solle. Indessen mufs man sich doch wol daran erinnern, dafs die Hufeisen als Glück bringende Talismane gelten, weil sie ein Schutz gegen Truden, Hexen und alle bösen Geister sind[1] und deshalb auch an die Thüren von Häusern und Kirchen, an Masten und an Grenzsteine angeschlagen wurden und werden. Noch heute sieht man in Hamburg Hufeisen an die Pferdeställe angenagelt, damit sich der böse Geist nicht hineinwage. So mögen denn in der Absicht, die Brunnen gegen feindliche verderbliche Dämonen zu schützen, die Hufeisen in sie versenkt worden sein. Vielleicht wirkte noch eine besondere Beziehung auf die Pferde dabei mit. Von dem Heilborn bei Heilsberg in Thüringen ward erzählt, dafs er von dem beinkranken Rosse des h. Bonifaz ausgescharrt worden sei, das durch das Wasser des entspringenden Borns geheilt wurde. Zum Andenken sei das Hufeisen des Pferdes an die Kirchthür genagelt worden (Wolf, Beitr. z. deutsch. Mythol. 2, 94). Zu dem Gangolfsbrunnen bei Neudenau in Baden brachte man früher auch kranke Rosse, wusch sie mit dem Wasser und nagelte ein Hufeisen an die Kapellenthür (Rupp in d. Germania XI, 427). In den Felsspalten am Rheinfall bei Schaffhausen soll man Hufeisen und Pferdeknochen gefunden haben (Runge, Quellkult 209). Es könnten also wol die Hufeisen in Quellen und Bächen ein Opfer für die Genesung kranker und die Gesundheit frischer Pferde sein, gleich den Hufeisen und Eisenbildchen bei den bairischen Leonhardskirchen[2] (Panzer, Bayr. Sagen 2, 32).

Dunkler kann die Bedeutung der Steine oder Kiesel sein, die in heilige Quellen gelegt wurden. Aus deutschem Volksgebiet kann ich nur das Jungfernbrünnel am Kahlenberge bei Wien anführen, in das eifrige Lottospieler einen weifsen Stein hineinlegen. Nach einem Gebet nehmen sie ihn wieder heraus und stecken ihn zu Hause unter ihr Kopfkissen. Sie sollen dann jede Woche fünf Nummern davon ablesen können, die sicher gezogen werden (Vernaleken, Mythen S. 5). Mehr erfahren wir aus Schottland, von der Insel Man und aus Wales. Auf Man, dem zwischen Irland und Schottland gelegenen Eiland, kommen weifse Kiesel in oder neben Quellen häufig vor. Man hat sie auch auf Kirchhöfen (Bride, Maughold, Kikellan) einige Fufs unter dem Boden

---

[1] E. H. Meyer, Germanische Mythol. S. 58 f. 252. Wuttke, Abergl. § 176. Chr. Petersen, Hufeisen und Rofstrappen. Kiel 1865. (Jahrb. f. d. Landesk. d. Herzogth. Schlesw. Holst. Lauenb. VIII, 166 ff.).

[2] Auch Baron Sloet kommt a. a. O. S. 318 f. zu einer gleichen Deutung.

gefunden, ja auch in Grabhügeln der Bronzezeit lagen etwas gröfsere Kiesel um die Urnen. Alle diese Steine gelten für Glück bringend, und die Fischer nehmen daher einen weifsen Stein in ihrem Bote auf die Fahrt mit (Folklore V, 218 f.). Bei der S. Runyquelle (Chibbyr Uney) zu Baldwinsdorf in der Pfarre Malew auf Man legen die zu arm sind, um Geld zu opfern, drei weifse Kiesel nieder (Folklore V, 227). In den holy pool von Strathfillan in Pertshire in Schottland wurden nach einem Bericht von 1798 neun Steine gelegt und von dem Kranken, nachdem er gebadet, wieder herausgenommen. Er trug sie darnach auf den Hügel nebenbei zu den drei Steinhaufen (cairns)[1], indem er jeden derselben dreimal umschritt und jedesmal einen Stein hinwarf. War es ein äufserer Schade, woran der Kranke litt, so ward aufserdem die Bekleidung des leidenden Körpertheils auf einen der cairns geworfen, so dafs man Unterröcke, Jacken, Nachtkappen, Mützen, Schuhe, Handschuhe u. s. w. dort herum liegen sah (Hartland, Legend of Perseus II, 203 f.).

Hier dienen die Steine zu einer Heilungsceremonie. Bei der abergläubischen Gaukelei an der St. Aeliansquelle unfern Bettws Abergeley in Denbighshire in Wales werden aufser einer Nadel auch Kiesel verwendet, um einem Feinde zu schaden (Gomme, Ethnology in Folklore 87). Diese Steine werden also zu Weissagung, Heilung und Zauber nach den angeführten Beispielen gebraucht. Sie sind keine blofse Opfergaben, obschon sie in einzelnen Fällen kleine Münzen ersetzen, sondern mögen Reste eines uralten Steinkultus sein, der sich hier mit dem Quellkult verbunden hat. Jeder Pilger zu der St. Wolfgangskapelle am Abersee im Salzkammergut, in der der h. Brunnen quillt, nimmt einen Stein mit hinauf, weil es heifst, dafs dem Heiligen eine grofse Kirche gebaut werden solle, sobald Steine genug oben wären (Jahrbuch d. österr. Alpenvereins VI, 175). Diese junge Umdeutung fehlt dem entsprechenden böhmischen Brauche bei der Wallfahrtkapelle auf dem Berge Tabor im Jičiner Kreise. Die wallfahrenden Männer nehmen hier von dem Brunnen unten am Berge jeder einen Stein mit hinauf und legen ihn zu dem dort befindlichen Steinhaufen (v. Reinsberg, Festkalender S. 397). Der Zusammenhang des keltischen und deutschen Ritus ist deutlich; ob der dem deutschen ganz entsprechende čechische echt slavisch oder aus dem deutschen entlehnt ist, sei dahin gestellt.

---

[1] Über die Steinhaufen mit religiös-monumentaler Bedeutung vgl. u. a. R. Andree, Ethnograph. Parallelen. 1878. S. 46 ff.

Mit der Ceremonie an dem heiligen Teiche (holy pool) von Strathfillan verband sich die Niederlegung von Kleidungsstücken auf die Steinhaufen[1]. Gewöhnlich geschieht es bei den sogenanten Lappenbäumen, den weitverbreiteten Spaltbäumen, durch welche Leidende hindurchkriechen, um sich von Gebresten zu befreien[2]. Aber auch bei heilsamen Quellen treffen wir auf den nahen Bäumen und Sträuchern die Lappen und Kleidertheile. Man wird den uralten und weitverbreiteten Brauch, an geweihter Stätte ein Stück des Gewandes niederzulegen oder aufzuhängen, nicht in allen Fällen gleich deuten dürfen. Sicher war es häufig nur ein Dank- oder Bittopfer. Das bezeugt schon Horaz (Od. I, 5, 13), indem er die nassen Kleider dem mächtigen Mergotte mit einer Votivtafel an der Tempelwand aufhängt (me tabula sacer | votiva paries indicat uvida | suspendisse potenti | vestimenta maris deo); ferner Gregor von Tours in der Schilderung der grofsen Wallfahrt zu dem See auf dem Berge Helanus (De gloria confessorum c. 2), wonach die Landleute leinene Kleider hineinwarfen und Gewandstoffe opferten, während andre Schaffliefse, Käse, Wachs, Brot, jeder nach Vermögen, weihend in das Wasser versenkten (vgl. oben S. 57). Aus der Gegenwart bezeugt es der früher schon erwähnte Brauch vieler Müller an der Ips in Oberösterreich, alte Kleider und Efswaren in den Flufs zu werfen, um vom Wassermann Frieden für das Jahr zu erhalten. Im Erzgebirge sucht man das Leben eines im Zeichen des Wassermanns geborenen Kindes dadurch zu retten, dafs man dem Wassermanne ein getragenes Kleid des Kindes in den Flufs oder Teich wirft (Wuttke § 105).

Nicht als Opfer, sondern als mysteriöses Mittel der Heilung dienen die Kleidstücke in vielen andern Fällen, wo sie an Quellen sich finden. Bei dem Schlosse Crayenhoven in Neder-Hembeck in Flandern steht neben einer Quelle, die Fieber heilt, eine Kapelle. An der Kapellenthür sind zahlreiche Strumpfbänder angeheftet, die das Fieber dort festbinden sollen (Harou, Mélanges de traditionisme de la Belgique S. 93). Ganz gleichen Sinn hat der Gebrauch an der Quelle des h. Petrus in vinculis in Rosson, Com. de Dosches (Frankreich), aus der Fieberkranke trinken, ein Weidenband (lien d'osier) zu opfern (Rev. d. trad. popul. XIII. 90).

---

[1] Entsprechendes aus Syrien theilte M. Hartmann mit in Meiner Zeitschr. I, 101.

[2] Nyrop, Dania I, 1—31. Gaidoz, Un vieux rite médicale, Paris 1892. Meine Zeitschr. I, 101; II, 81; III, 36. Meine Abhandl. z. Geschichte des heidn. Ritus S. 37 f.

Ausführlich wird die Ceremonie der Übertragung der Krankheit auf die Lappen oder Fetzen von der Chibber Undin (foundation well) in der Pfarre Malew auf der Insel Man beschrieben: Die Kranken nahmen einen Mundvoll Wasser aus der Quelle und behielten es drin, bis sie zweimal (?) mit dem Laufe der Sonne (sunways) um die Quelle gegangen waren. Dann nahmen sie einen Fetzen von einem Gewandstück, das sie getragen, tauchten ihn in die Quelle oder benetzten ihn mit dem Mundwasser und hingen ihn auf einem nahen Strauche auf. Hiernach wurden Nadeln, Knöpfe, Kügelchen, Kiesel in das Wasser geworfen und gebetet, wobei man die Krankheit nannte, von der man befreit werden wolte. Sobald der Lappen verfault war, verging auch die Krankheit. Nahm jemand einen solchen Lappen von dem Strauche oder Baume weg, so bekam er die Krankheit dessen, der den Fetzen dorthin gelegt hatte (Moore in Folklore V, 224).

In den keltischen Theilen Grofsbrittaniens sind die Quellen, an denen zum angegebenen Zweck Lappen (rags) aufgehängt werden, häufig (Gomme, Ethnology 96. Hartland, Legend of Perseus II, 178–200. 202 f.).

Auch aus Norwegen läfst sich der Brauch, ein Kleidungsstück oder wenigstens einen Lumpen an den heiligen Quellen zurückzulassen, bis in neue Zeit nachweisen. An der Haugsquelle bei der Filialkirche Trömborg in Eidsberg fand man noch bis 1882 ab und zu Kleidungsstücke hingeworfen (Bang S. 2). Für die St. Margrethenquelle bei Urskogkirchen ist der Brauch aus dem 18. Jahrh. bezeugt (Bang S. 3).

Auch in Deutschland hat die abergläubische Sitte gelebt. Solche Lappenbrunnen sind der Plünnekenborn bei Braunschweig, von dem es heifst, er sei nur denen heilsam, die etwas an die Sträucher hingen (Westermann's Monatschrift 1858. S. 120); der Zudelborn im Kerschgraben, Stublach gegenüber im Voigtland, der wie jener von den Plünnen, so von den Zudeln (Zotteln, Fetzen) benant ist, die man noch vor nicht langer Zeit an den Sträuchern daneben hangen sah. Man konte auch daraus trinken, wenn Ungeziefer drin war, sobald man nur einen alten Lappen aufhing (Eisel, Sagenbuch Nr. 647). Das heilige Brünnlein an der Westseite des Braunertsberges, ganz nahe dem Zollern in Schwaben, ward noch vor kurzem von vielen, die an Zahnweh, Kopfreifsen, Läusekrankheit und dem Fluck (Rotlauf) litten, aufgesucht, und man sah zahllose Lumpen, Hemden, Tücher, Hauben, Halsbinden, Bänder u. dergl. herum hängen (Birlinger, Aus Schwaben 1, 192). Zu Basel und zu Sierenz gab es einen Lum-

pelbrunnen (Basel im XIV. Jahrhundert S. 45) und zu Ürzlikon im Canton Zürich einen Hudlerbrunnen, ferner zwischen der Birsquelle und der Pierre Pertuis eine Fontaine de chiffel, wie es denn in Frankreich mehr als eine fontaine au chiffon giebt (Runge, Quellkult 212). An dem Brunnen des h. Event in La Malhoure in der Niederbretagne, die den Kopfgrind heilt, werden Mützen geopfert; an dem des h. Quéteu in Penquily gegen Leibweh Bänder (Rev. d. trad. pop. XII, 411).

In Böhmen zieht die Quelle Keltna unterhalb Auhonic viele Kranke zu sich. Sie waschen ihre leidenden Glieder mit Leinenlappen, die in der Quelle eingetaucht sind, und legen sie darnach auf einen Felsblock nahebei. Dort bleiben dieselben liegen. Beim Weggehn dürfen die Kranken nicht rückwärts schauen (Grohmann, Sagen S. 89). Auch der Brunnen der Panna Lida bei Podmokl ist ein Lappenbrunnen, worin sich die Leidenden waschen und die dabei gebrauchten Linnenstücke auf den Bäumen daneben aufhängen (Grohmann, ebd. S. 38). —

Am Ende der verschiedenen Verehrungen der Quellen sei der Lichter gedacht, die an ihnen angezündet wurden. Die Kirche eiferte auch gegen diesen Brauch als heidnisch, und Karl d. Gr. nahm das Verbot der Beleuchtung von Bäumen und Quellen in das Capitulare von 789 auf (Gröber, Zur Volkskunde 6. 13). Im 57. Paragraph des Corrector Burchardi wird der Beichtende gefragt, ob er ein Licht oder eine Fackel zur Verehrung an Quellen oder Steinen oder Bäumen angezündet habe.

Bis in die Gegenwart haben sich Spuren dieses Kultus erhalten, der wol durch den kirchlichen Brauch, vor Heiligenbildern auch aufserhalb der Gotteshäuser Kerzen anzuzünden, genährt ward. An dem sehr kräftigen Heilebrunnen zu Oberbronn im Elsafs steckte man am Weihnachtabend Wachsstümpfchen auf (Stöber, Elsässisches Volksbüchlein S. 153, Anm. 2). Noch im 19. Jahrh. hielten in der Schweiz in manchen Orten des Canton Zürich und auch sonst die Spinnerinnen ihre Stubeten an dem beleuchteten Dorfbrunnen (Runge, Quellkult 214). In Frankreich zündete man noch in neuer Zeit an heiligen und heilsamen Brunnen Lichter und Fackeln an (Runge 213). So wird an der Quelle des h. Ujane (Eugène) in Morieux in der H. Bretagne bei der Opferung von Nadeln eine Kerze angezündet (Rev. d. trad. pop. IV, 165).

Auch der vom Ganges bekannte Brauch, Lämpchen den heiligen Strom hinabschwimmen zu lassen, begegnet in der Schweiz. Noch im 19. Jahrhundert sezte man am Fastnachtsonntag, wenn der Stadtbach eisfrei war,

in Winterthur kleine mit Lichtern besteckte Schifflein auf das Wasser, die zum Ergetzen des Volkes darauf hinabschwammen. In Glarus, dessen Landespatron S. Fridolin ist, läfst die Jugend am Fridolinstage (6. März) kleine Holztröge und Schiffchen mit Lichtern auf Quellen und Bächen schwimmen. Auch anderorten war es in der Schweiz bis vor kurzem Brauch (hier und da besteht er noch), im Frühlingsmonat, wenn die Wasser offen geworden, an örtlich verschiedenen Tagen Lichter und Lichtstümpfchen, auch wol Kienspäne und Strohwische auf ein Bret zu befestigen und unter Jubel und Gesang den Dorfbach hinabfliefsen zu lassen (Schweizer Idiotikon III, 1051). Gleiches geschieht in Aarau im September nach der Reinigung des Surbaches, wenn er wieder in sein Bett gelassen wird. Dazu singt man (Rochholz, Sagen 1, 21)

Füerjô, der Bach brünnt,
D'Surer händ en âzündt,
D'Aarauer händ ne g'lösche,
D'Chüttiger rîte-n-ûf de Frösche!

In Böhmen lassen Knaben am Abend des Festes des h. Johann von Nepomuk (16. Mai) Bretchen mit brennendem Pech die Moldau hinabschwimmen (Ammann, Volksschauspiele aus dem Böhmerwalde, Prag 1898 I. S. XI).

Zum Schlufs möge der Vorgang bei der Verehrung der Quellen kurz zusammengefafst werden.

Man nahte sich der heiligen Stätte mit den Zeichen der Ehrerbietung. In Baden bei Wien bestimmte noch im 17. Jahrhundert die Badeordnung, dafs der zu strafen sei, der die heifse Quelle nicht mit entblöfstem Haupte beim Ein- und Ausgange grüfse und segene. Auch galt es für sträflich, das wolthätige Bad nur ein Wasser zu nennen[1]. Auch für die älteste Zeit werden wir Entblöfsung des geneigten Hauptes (Grimm, D. Mythol. 29) und vielleicht auch der Füfse voraussetzen dürfen, dann wol auch Niederknien an dem Brunnenrande.

Es durfte das Wasser nur vor Sonnenaufgang oder nach Sonnenuntergang für Heiltränke geschöpft werden; es geschah schweigend, wie schon auf dem Gange zu der Quelle Schweigen geboten war. Nach dem Trank oder nach der Waschung ward der Born dreimal umschritten, wol unter

[1] Joh. Günther von Andernach, De balneis et aquis medicatis p. 68.

Gebet. Die Opfer versenkte man in das Wasser und sie blieben darin, wenn sie dasselbe nicht verunreinigten. Die Gewandstücke wurden, nachdem sie befeuchtet waren, in der Nähe an einem Baume oder Strauche aufgehängt, wo sie blieben bis sie zerfielen. Wer solches Opfer gebracht, durfte sich beim Weggehn nicht umschauen.

Die dringende Hilfe suchten, gingen zu der Quelle, wenn es Not that, am liebsten in Norwegen am Donnerstage, dem Tage des Thor, des Quellenschöpfers. Grofse Wallfahrten geschahen an den heiligsten Zeiten des Jahres, in denen auch das Wasser am heiligsten und kräftigsten war. Dann strömte das Volk zu den berühmtesten Brunnen in Menge zusammen: die Umgebung derselben ward mit Laub geschmückt, die Quelle bekränzt, die Opfer gebracht, dann folgten Tanz und Wettspiele, Schmaus und Trank, wie bei den grofsen religiösen Festen.

Die Beweise dafür haben die Abschnitte dieser Abhandlung gegeben.



ANHANG ZU DEN
ABHANDLUNGEN

DER

KÖNIGLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
ZU BERLIN.

ABHANDLUNGEN NICHT ZUR AKADEMIE GEHÖRIGER GELEHRTER.

AUS DEM JAHRE
1898.

MIT 4 TAFELN.

BERLIN.
VERLAG DER KÖNIGLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.
1898.

GEDRUCKT IN DER REICHSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI GEORG REIMER.



Inhalt.

Physikalische Abhandlungen.





PHYSIKALISCHE ABHANDLUNGEN.



Bestimmung der Gravitationsconstante und der mittleren Dichtigkeit der Erde durch Wägungen.

Von

FRANZ RICHARZ und OTTO KRIGAR-MENZEL.

Vorgelegt in der Sitzung der phys.-math. Classe am 16. December 1897
[Sitzungsberichte St. LII. S. 1121].
Zum Druck eingereicht am 28. Februar, ausgegeben am 5. September 1898.

Cap. I.

A. Einleitung.

Von den Methoden zur Bestimmung der mittleren Dichtigkeit der Erde können nur diejenigen als zuverlässig gelten, bei welchen die Attractionswirkung nicht eines Theiles der Erde selbst, sondern eines der Gestalt und Masse nach genau bekannten Körpers zur Messung kommt. Die Gravitation solcher Massen konnte man früher nur mit Hülfe der Drehwage beobachten, und man war schon in der Beseitigung von Fehlerquellen bei diesem Instrument bis zu einem schätzbaren Grade gelangt, als die hohe Vervollkommnung, welche die Construction der gewöhnlichen Wage erfahren hatte, ungefähr gleichzeitig Ph. von Jolly und J. H. Poynting veranlasste, dieselbe bei Gravitationsmessungen zur Anwendung zu bringen. Jolly stellte seine Wage oben in einem Thurme auf, an der Unterseite ihrer Schalen waren Drähte angehängt, welche ein anderes Schalenpaar 21^{m} tiefer als das obere trugen. Zwei Massen von rund 5^{kg} wurden dann einmal verglichen, indem sie sich beide in den oberen Schalen befanden, ein zweites Mal, indem sich das eine Stück in einer der unteren, das andere in einer oberen Schale befand; die Differenz zweier solcher Vergleichungen ergab die Zunahme des Gewichts der benutzten Masse durch die Annäherung an den Erdmittelpunkt. Wurde dann unter einer der unteren Schalen eine Bleikugel (5775^{kg}) aufgestellt, so erfuhr ein von der oberen in die untere Schale gebrachter Körper nun noch eine weitere Gewichtszunahme, welche durch die Attraction des Bleies verursacht ist. Letztere ergibt sich als die Differenz der Gewichtszunahmen mit und ohne unter-

gesetzte Bleikugel. Poynting's Anordnung bei seinen ersten Versuchen, wie sie zur Zeit des Beginnes unserer Arbeit vorlagen, war folgende. Von einer Wage wurde die eine Schale weggenommen und an ihrer Stelle an dem einen Gehänge eine vergoldete Bleikugel von 453^{gr} mit einem Drahte befestigt. Nachdem dieselbe aequilibrirt war durch Gewichte auf der Schale der anderen Seite, führte Poynting, ohne dafs die Wage arretirt wurde, eine Bleikugel von 154^{kg} bis dicht unter die hängende Kugel und mafs die Ablenkung, welche die Wage in Folge der Attraction der beiden Bleikugeln auf einander erfährt. Während bei Jolly sich besonders an den 21^{m} langen Drähten der Einflufs auch geringer Luftströmungen sehr stark geltend machte und stets eine erhebliche Temperaturdifferenz zwischen dem Orte der oberen und der unteren Wageschalen herrschte, war Poynting von solchen störenden Einflüssen bei den weit kleineren Dimensionen seines Apparates fast ganz frei. Dagegen hatte andererseits Jolly den Vortheil, dafs die zu messende Gravitationswirkung bei ihm etwa das 60-fache von derjenigen Poynting's betrug. In Folge dessen sind die Bestimmungen Jolly's und die ersten Poynting's vom Jahre 1878 ungefähr von gleicher Sicherheit; auf die erheblich sichereren Versuche, welche Poynting 1891 zum Abschlufs brachte, kommen wir am Schlusse unserer Abhandlung zurück.

Den ersten Anstofs zu der vorliegenden Arbeit gab eine 1884 von dem Einen von uns und Hrn. Arthur König angegebene neue Methode, welche aber bei den definitiven Versuchen nur in wesentlich veränderter Form zur Ausführung gelangen konnte. Bei derselben wird eine der Jolly'schen ähnliche »Doppelwage« benutzt: eine gewöhnliche Wage, an deren beiden Schalen mittels je einer Stange von rund $2\frac{1}{4}^{m}$ Länge noch je eine zweite untere Schale hängt. Zunächst sei diese Doppelwage frei aufgestellt. In idealer Ausführung der Methode werden zwei Wägungen gemacht; bei der ersten befinden sich die beiden nahezu gleichen Massen auf den Wageschalen links oben, beziehungsweise rechts unten; bei der zweiten Wägung ist die Masse links von oben nach unten, die Masse rechts von unten nach oben gebracht worden. Wegen der Verschiedenheit der Schwerebeschleunigung an dem Orte der oberen und dem der unteren Wageschalen ergibt die Differenz der beiden Aequilibrirungen die doppelte Abnahme des Gewichts mit der Höhe. Zu den Gravitationsbestimmungen sollte dann zwischen den oberen und unteren Schalen ein parallelepipedischer

Bleiklotz aufgebaut werden, durch dessen Mitte röhrenförmige Aussparungen für die beiden Verbindungsstangen der Wageschalen hindurchgehen. Durch die Anwesenheit dieser grofsen anziehenden Masse erscheint die Schwere am Orte der oberen Wageschalen um die Attraction des Bleies vermehrt, am Orte der unteren Wageschalen um dieselbe vermindert. Die Abnahme der Schwerebeschleunigung von unten nach oben erscheint daher um die doppelte Attraction vermindert; zwei ideale Wägungen mit denselben Stellungen der zu aequilibrirenden Massen, wie oben, ergeben jetzt daher statt der doppelten Abnahme des Gewichts mit der Höhe ein um die vierfache Attraction des Bleiklotzes vermindertes Resultat. Aus der Vereinigung der Resultate ohne und mit Bleiklotz findet man also die reine vierfache Attraction des letztern, befreit von den ungleichen Wirkungen der irdischen Schwere. In welcher Modification diese Methode zur thatsächlichen Ausführung gelangte, soll später auseinandergesetzt werden. Es war von vorn herein zu sagen, dafs gegenüber Jolly die neue Methode, ebenso wie diejenige Poynting's, die Störungen in Folge der grofsen Ausdehnung des Apparates vermied, da dieser in einen Schutzkasten eingeschlossen und alle Manipulationen durch einen automatischen Mechanismus von aufsen vorgenommen werden konnten. Gegenüber Poynting konnte eine bedeutend gröfsere gravitirende Masse angewendet werden, da diese nicht, wie bei Poynting, hin und her geschoben werden mufste. Endlich besitzt die Methode noch gegenüber der Drehwage, der gewöhnlichen Wage in Poynting's Art der Anwendung und dem Wilsing'schen Pendelapparat den principiellen Vortheil, dafs nicht, wie bei diesen Apparaten, die Attraction auf die an dem einen Ende des beweglichen Hebels befestigte Masse zum Theil compensirt wird durch die entgegengesetzt drehende Wirkung auf die am anderen Hebelende befindliche Masse, welche schädliche Attraction bei jenen Anordnungen zur Folge hat, dafs man bei gegebenen Dimensionen des Messapparates die Gröfse der genäherten Massen nicht über eine gewisse Grenze steigern kann, ohne dafs das gesammte Drehungsmoment wieder abnimmt.

Helmholtz legte die neue Methode in der Sitzung vom 18. December 1884 der Königlichen Akademie vor, welche auf seinen Antrag die Mittel zu ihrer Ausführung bewilligte. Deren Möglichkeit hieng weiter in erster Linie von der Beschaffung der erforderlichen Metallmasse ab. Das Königlich Preufsische Kriegsministerium erklärte sich in entgegenkommendster

Weise bereit, die gewünschte Bleimenge von etwa 100000^{kg} aus den Beständen der Geschützgiefserei in Spandau zur unentgeltlichen Benutzung zu überlassen. Es erschien wünschenswerth, einen weiten Transport dieser grofsen Masse zu vermeiden; nach Rücksprache mit der Königlichen Fortification wurde daher eine der erdgedeckten Casematten in der Citadelle von Spandau als geeignetes Arbeitslocal ausgewählt und vom Königlichen Kriegsministerium für die Versuche bereitwilligst überwiesen. Den genannten Behörden sowie auch besonders der Königlichen Commandantur in Spandau sind wir für ihr förderliches Entgegenkommen bei Beginn und im weiteren Verlaufe unserer Untersuchung zu grofsem Danke verpflichtet.

An der Einrichtung des Beobachtungsraumes und der Apparate nahm Hr. Arthur König bis zum Sommer 1889 Theil. Im Jahre 1887 ist der Eine von uns, Krigar-Menzel, als Mitarbeiter in die Untersuchung eingetreten. Richarz arbeitete, seitdem er sich 1888 in Bonn habilitirt hatte, zunächst noch jedesmal während der Universitätsferien in Spandau, liefs sich aber auch mehrfach — im ganzen für 3 Jahre — von dem Abhalten von Vorlesungen dispensiren, um sich ganz an den Versuchen betheiligen zu können. Die Zeit vom Frühjahr 1893 bis 1894 gieng durch Unzuverlässigkeit eines Gehülfen für die Arbeit fast völlig verloren: von seinen Beobachtungen sind nur vier, von uns controlirte, beibehalten worden.

Die Resultate einer ersten Reihe von Wägungen ohne Bleiklotz, aus denen sich also die Abnahme der Schwere mit der Höhe ergab, und später ein kurzer Überblick über die ganze Arbeit und das endgültige Resultat derselben wurden in den Sitzungen der Akademie vom 23. März 1893 und vom 26. November 1896 mitgetheilt.

B. Einrichtung des Raumes, Anordnung des Apparates.

Unser Arbeitsraum war im Bastion Brandenburg der Spandauer Citadelle gelegen, so weit entfernt von Eisenbahnen, Fahrstrafsen und Industriebetrieben, dafs störende Erschütterungen von solchen ihn nicht erreichten. Die Abhaltung von artilleristischen Schiefsübungen auf dem Bastion war für die Dauer unserer Untersuchungen von der Königlichen Commandantur untersagt. In diesem massiv gewölbten und mit starker Erdaufschüttung versehenen Bastion wählten wir uns den innersten Theil einer Casematte

aus, die sich zu ebener Erde in der Länge von etwa 23^{m} ins Innere hinein erstreckt. Die täglichen Temperaturschwankungen dringen nicht bis dorthin. Die Grundrifsskizze (Taf. I) zeigt nur den innern Theil der Casematte; alles Mauerwerk ist schraffirt gezeichnet. Um die durch den Witterungswechsel veranlafsten Schwankungen der Temperatur genügend abzuschwächen, liefsen wir den Beobachtungsraum durch einen doppelten Bretterverschlag (2) mit Sägespänefüllung von dem äufsern Theile der Casematte abtrennen, und liefsen ebenso den Verschlag (1), den wir als einfache Bretterwand vorfanden, verdoppeln und füllen. Aber dieser Schutz genügte noch nicht gegen den Einflufs lang andauernder Winterkälte, die noch einen zu rapiden Abfall der Temperatur hervorrief; deshalb wurde im Februar 1892 noch ein Verschlag (3) an der am wenigsten geschützten Seite angebracht. So gelang es, die jährliche Schwankung in die Grenzen $+5°$ und $+12°$ C. einzuschliefsen. Der Zutritt zum Beobachtungsraum fand durch einen seitlichen gewölbten Gang und durch die Thüren *a*, *b*, *c*, *d*, *e* statt, während die Thüren *f* und *g* nach Beginn der Versuche nur noch zum Hinein- und Herausschaffen der grofsen Bleimassen geöffnet wurden, in der übrigen Zeit aber vernagelt (bez. ihre Blechverkleidung zugelöthet) waren. Die gesammte Höhe des Gewölbes betrug etwa $7^{m}.5$; der ganze Raum ist jedoch von Alters her durch einen Bretterfufsboden in der Höhe von $3^{m}.3$ über der Sohle horizontal durchgetheilt. Hieran haben wir nichts geändert; die so entstandene Knappheit der Höhe erwies sich aber immerhin als nachtheilig; die eigentliche Wage mufste ihren Platz nahe an der Decke erhalten, wodurch einerseits viele Manipulationen recht unbequem wurden, andererseits — und das ist das schlimmere — die von Menschen oder Licht herrührende erwärmte Luft, indem sie sich unter der Decke sammelte, die Wage stärker irritirte, als es bei gröfserer Höhe der Decke geschehen wäre. Im obern Theil der Casematte waren ebenfalls zwei Doppelverschläge mit Sägespänefüllung gerade über den mit (2) und (3) bezeichneten hergerichtet.

Sehr störend war anfänglich die hohe Feuchtigkeit der Luft in dem kellerähnlichen Raume; eiserne Theile des Mechanismus zur automatischen Vertauschung der Gewichte rosteten, Holztheile verzogen sich, und immer wieder versagte der Mechanismus seinen Dienst. Zuerst wurde versucht, durch Aufstellen mehrerer Pfannen mit Chlorcalcium, von welchem der zerflossene Theil in untergesetzte Gefäfse ablaufen konnte, zu trocknen,

was auch einigermafsen gelang; dabei mufste indessen das Chlorcalcium von Zeit zu Zeit umgeschaufelt werden, wodurch Chlorcalciumstaub in die Luft gelangte und in dieser zu feinen Tröpfchen zerflofs, die sich überall niedersetzten. Sauber und wirksamer haben wir die Feuchtigkeit erst dadurch beseitigen können, dafs die ganze Innenseite des Beobachtungslocales, Seitenwände, Fufsboden und Decke, mit verlötheten Blechplatten bekleidet wurde; diese Blechverkleidung ist in Taf. I durch gestrichelte Linien bezeichnet. Zwei Bleipfannen mit Schwefelsäure, jede von etwas mehr als 1^{qm} Oberfläche, genügten dann, die relative Feuchtigkeit zwischen 50 und 80 Procent zu halten; sie wurden jedesmal zu etwa ein Drittel mit concentrirter Säure gefüllt, die frisch aufgegossen in einigen Tagen die Feuchtigkeit von Sättigung auf weniger als 50 Procent herabzusetzen vermochte. Wenn nach etwa einem Jahre dann die Säure so viel Wasser aufgenommen hatte, dafs die Pfannen nahe gefüllt waren, wurden sie ausgehebert und neu beschickt.

B ist der Platz des Beobachters, auf einem erhöhten Holzpodium befindlich wegen der durch die Methode bedingten erhöhten Stellung der Wage. Um letztere gegen die Körperwärme des Beobachters zu schützen, ist dessen Platz durch eine doppelte Zinkwand *w* mit Thür (*e*) von dem übrigen Theile des Arbeitsraumes getrennt. Die Wage und der ganze Raum für den Bleiklotz befinden sich in dem Kasten *k* aus doppelten Zinkblechwänden, welcher auf dem cementirten, mit Blech bedeckten Fufsboden aufsteht und bis zur Decke reicht. Der von ihm umschlossene obere Theil des Fundamentes für den Bleiklotz ist in der Tafel schraffirt gezeichnet. Damit Wage und Vertauschungsmechanismus für die Gewichte durch eine mögliche Senkung des Fundamentes unter der Last des Bleiklotzes nicht in Mitleidenschaft gezogen werden, erhielten sie eine vollkommen unabhängige Aufstellung. Deren Haupttheil ist ein eiserner Träger *T*, welcher unter der Decke des Raumes an der einen Seite in dem Mauerwerk, an der anderen Seite auf einem besonders gemauerten Pfeiler *p* ruht. Er geht durch den obersten Theil des Zinkkastens *k* hindurch, und senkrecht zu seiner Längsrichtung sind zwei kleinere Träger an ihn angeschraubt, welche durch den Kasten *k* und die Zinkwand *w* hindurchgehen und auf zwei hölzernen in die Erde eingerammten Pfosten vor dem Platze des Beobachters *B* aufliegen.

An diesem Trägergerüst ist erstens eine Eisenplatte dicht über der Mitte des Bleiklotzes befestigt, auf welcher die Wage ruht, deren Schalen

in der Tafel angedeutet sind. Wagebalken, oberes Schalenpaar mit ihrem Gehänge, Arretirung, Zulagegewichte und die Vorrichtung zum Aufsetzen bez. Abheben derselben sind in einen hölzernen Kasten mit Glasfenstern eingeschlossen, der in der schematischen Zeichnung Taf. II, unter der Decke, rechts von der Mitte sichtbar ist. Diese Zeichnung gibt das Innere des Zinkkastens k ohne Bleiklotz wieder, wie er von einer Stelle zwischen dem Pfeiler p und der Thür e aus gesehen erscheint, nach Hinwegnahme der dem Beschauer zugekehrten Wand von k, und nach Entfernung aller anderen Schutzbleche u. s. w. von den Apparaten. Unterhalb jeder der oberen Schalen ist die Eisenplatte, auf welcher die Wage ruht, durchbohrt; durch diese Löcher hängen die beiden Verbindungsstangen des obern und untern Schalenpaares herab. Diese Verbindungsstangen bestehen aus je fünf einzelnen Messingstücken, die durch Gelenke verbunden sind, welche in Folge ihrer abwechselnden Richtung insgesammt ein mehrfaches Cardanisches Gelenk bilden. An diesen Stangen schwebt das untere Schalenpaar in einem Doppelkanale, der in dem obersten Theile des Fundamentes für den Bleiklotz ausgespart ist und sich horizontal, senkrecht zur Richtung des Wagebalkens durch die ganze Länge des Fundamentes erstreckt. Letzteres, bis anderthalb Meter Tiefe unter dem Erdboden aus Kalkstein und Cement gemauert, hat eine Basis von etwa der doppelten Gröfse der durch den Bleiklotz belasteten Fläche. Auf diesem untern Theile des Fundamentes erhebt sich ein massives Ziegelgemäuer ein halbes Meter hoch über dem Erdboden, dessen quadratische Oberfläche von $2^{m}.5$ Kantenlänge aus einer sorgfältig eben und horizontal gearbeiteten Cementschicht besteht, auf welcher der Bleiklotz errichtet wurde. Jener Doppelkanal, in welchem die unteren Schalen schweben, wird gebildet durch drei dicht neben einander liegende Doppel-T-Träger, wie aus Taf. II ersichtlich; auf diesen Trägern liegen wiederum Eisenplatten und vervollständigen die unterbrochene glatte Oberfläche des Fundamentes. Die Verbindungsstangen der oberen und unteren Schalenpaare sind geschützt durch zwei Messingröhren von etwa 3^{cm} Durchmesser, die oben in die eiserne Bodenplatte des Wagekastens, unten in die Deckplatten des Kanals eingefügt sind. Dadurch, dafs der mittlere der drei Doppel-T-Träger den Kanal der ganzen Länge nach theilt, wird zugleich Circulation der Luft unmöglich gemacht, welche sonst in der einen Schutzröhre abwärts, in der anderen aufwärts beständig vor sich gehen könnte.

Auf jenem Trägergerüst ist ferner aufgestellt der Mechanismus zur Vornahme sämmtlicher Manipulationen an der Wage vom Platze B des Beobachters aus ohne Betreten des Zinkkastens k. Die Übertragung der dazu erforderlichen Bewegungen an Griffen, Kurbeln u. ä., welche der Beobachter vornimmt, auf die Theile, welche direct an Wage und Gewichten angreifen, geschieht durch Stangen, Ketten, Schnüre u. s. w., welche von B aus durch die Zinkzwischenwand w und die ihr benachbarte Wand von k hindurch zur Wage führen. Dieselben sind in Taf. I nur schematisch angedeutet durch zwei punktirte Linien von der Wage zum Platze des Beobachters; in Taf. II sieht man einen Theil derselben durch die Wand von k hindurch laufen. Die vorzunehmenden Manipulationen sind: Lösen und Arretiren der Wage, Aufsetzen und Abheben der kleinen Zulagegewichte zum Aequilibriren, und vor allem die Vertauschung der Hauptgewichte von je einem Kilogramm. Diese hatten, um der Attraction des Bleiklotzes gegenüber barocentrisch zu sein, Kugelform; sie lagen in flachen kleinen ausgesparten Calotten auf den Wagschalen auf. Abgehoben wurden sie von diesen durch Gabeln, die an je einem kleinen Wagen befestigt waren, unter die Ränder der Kugeln geschoben und dann gehoben wurden. Man sieht die unteren Gabeln in Taf. II links unten vor der Mündung des Doppelkanals, durch welchen sie zu den unteren Wagschalen hineingerollt werden; die oberen Gabeln befinden sich gerade über den unteren. Sind die Gabeln mit den Kugeln von den Wageschalen bis zur gezeichneten Stellung vor dem Raume für den Bleiklotz gefahren, so kann dort diejenige Vertauschung stattfinden, welche nach der ursprünglich geplanten Methode allein nothwendig war, nämlich von oben nach unten. Der Mechanismus für diesen Transport ist auf Taf. II vollständig sichtbar; ein Fahrstuhl, an einer verticalen prismatischen Führungsstange auf- und niedergleitend, holt sich die Kugeln von den Gabeln und bringt sie auf die Gabeln im andern Niveau. Die festgehaltene Stellung zeichnet den Augenblick, in welchem ein Paar Kugeln (eine Kilogramm- und eine Hohlkugel zur Compensation des Luftauftriebs), die sich vorher oben befunden haben, auf dem Fahrstuhl von oben nach unten gefahren werden, um dort auf die Gabeln gesetzt zu werden, während das bis dahin unten befindliche Kugelpaar vorübergehend auf seitliche Halter, unten, etwas oberhalb der Fundamenthöhe, abgesetzt ist, um dann weiterhin vom Fahrstuhl abgeholt und nach oben gebracht zu werden. Da der Fahrstuhl sammt seiner prismatischen Führungsstange um deren ver-

ticale Achse drehbar ist, konnten die Kugeln auch im selben Niveau von rechts nach links vertauscht werden, was für die Methode, wie sie wirklich zur Ausführung gelangte, erforderlich war. Alle Theile des Mechanismus, welche in directe Berührung mit den Kugeln kamen, waren mit Rohseide überzogen.

Bei Vornahme einer Vertauschung mussten hölzerne Fallthüren vor dem obern Wagekasten und vor dem untern Doppelkanal, wie auf Taf. II gezeichnet, hochgezogen werden; während der Wägungen blieben dieselben, um Luftströmungen abzuschneiden, geschlossen.

Auf die Einzelheiten des Mechanismus soll nicht eingegangen werden. Nur einige allgemeine Erfahrungen wollen wir mittheilen, welche bei ähnlichen Constructionen von Nutzen sein dürften. Holztheile und Schnüre aus organischen Fasern müssen wegen der Veränderlichkeit ihrer Dimensionen ganz vermieden werden, Ketten ebenfalls wegen ihrer Dehnbarkeit; statt ihrer sind Stahlbänder oder Drahtseile zu verwenden. Aber auch diesen sind starre Stangen vorzuziehen. Alle Bewegungen sind unter möglichster Beschränkung von Spielraum zu führen, ihre Beendigung durch Anschläge festzulegen. Versehentliche Bewegungen, die zu Unglücksfällen führen könnten, müssen mechanisch unmöglich gemacht werden.

Die Stellung jedes der Theile des Mechanismus war am Platze des Beobachters jederzeit durch Marken an den Kurbeln u. s. w. erkennbar. Die Vornahme einer Vertauschung, sei es von rechts nach links, sei es von oben nach unten, erforderte immer eine ziemliche Anzahl von Einzelbewegungen, für welche »Fahrpläne« die richtige Reihenfolge angaben. Trotzdem ist es einige Male im Laufe der Jahre vorgekommen, dafs versehentlich falsche Bewegungen gemacht wurden und in deren Folge Hohlkugeln herunterfielen, glücklicherweise ohne andern Schaden, als dafs leichte Eintreibungen eine Neubestimmung des Volumens nothwendig machten.

Um die Verschlechterung und Erwärmung der Luft durch die Verbrennungsgase der Beleuchtungslampen zu vermeiden, standen dieselben auf einer Console *L* (Taf. I) an der Aufsenseite des Bretterverschlages (1), 2–3^{m} hoch über dem Fufsboden, und sandten ihr Licht durch ein doppeltes Glasfenster in das Innere des Arbeitsraumes. Eine derselben war ein Skioptikon, dessen Strahlenbündel auf die an der Decke des Innenraumes dicht hinter dem Beobachter befestigten Spiegel *s s s* fiel; von diesen wurde es theils auf solche Stellen an den Handgriffen u. s. w. des Mechanismus, welche

besonders hellen Lichtes benöthigten, theils auf die dicht vor ihnen in der Zeichnung angedeutete Scala von mattem Glas geworfen. Das Licht der Scala fällt horizontal durch eine mit planparallelem Glas verschlossene Öffnung der Zinkwand w und eine solche im Kasten k auf ein total reflectirendes Prisma, welches sich vertical über der Mitte des Wagebalkens befindet und in einem an den Hauptträger T angeschraubten Arm durch Stellschrauben gehalten wird. Von diesem Prisma geht das Lichtbündel vertical abwärts auf den Spiegel, welcher mit horizontaler Fläche dicht hinter der Mittelschneide am Wagebalken befestigt ist, wird von ihm zum Prisma zurückgeworfen und gelangt dann durch andere Öffnungen der Zwischenwände in das Fernrohr am Platze des Beobachters[1]. Dieses ist auf das Ende eines der kleineren T-Träger des Gerüstes für den ganzen Mechanismus aufgeschraubt. Es wäre sehr zu wünschen gewesen, daſs Scala, totalreflectirendes Prisma, Wage und Fernrohr einerseits in keiner directen Verbindung gestanden hätten mit dem Mechanismus für die Manipulationen andererseits, damit die durch Vornahme der letzteren entstehenden Erschütterungen sich auf ersteres System nicht übertragen und in ihm Verschiebungen hervorbringen können. Diese Isolirung ist nur für die Scala vollkommen erfüllt; Prisma und Wage sind wenigstens unmittelbar an den Hauptträger angeschlossen; die Aufstellung des Fernrohres ist in der Hinsicht am wenigsten sicher und war in der That, wenn auch nur sehr kleinen, Verschiebungen ausgesetzt (s. Cap.V, S. 53).

Dieser ganze Mechanismus ist wie die Wage selbst hergestellt vom Mechaniker Hrn. Paul Stückrath in Friedenau bei Berlin.

C. Meteorologische Instrumente und Beobachtungen.

Zur Reduction der Wägungen auf den leeren Raum ist die Kenntniſs der Dichtigkeit der von den Gewichtskugeln verdrängten Luft erforderlich.

---

[1] Der Umstand, daſs das Bild im Fernrohr nur bei ganz bestimmter Stellung eines jeden der Spiegel $s\ s\ s$ hell beleuchtet erschien, beweist, daſs es nicht diffuse Beleuchtung der Scale, sondern die direct von den Spiegeln reflectirten Strahlen sind, welche ins Fernrohr gelangen. Jeder Spiegel muſs ein verlängertes Rotationsellipsoid berühren, welches einerseits den Divergenzpunkt der Strahlen der Lampe L zum Brennpunkt hat, andererseits (abgesehen von dem Knick, den das totalreflectirende Prisma in den Gang der Strahlen bringt) den Ablesespiegel am Wagebalken. Eine dieser, von uns bei Beginn der Arbeit eingerichteten, im wesentlichen gleiche Scalenbeleuchtung ist kürzlich auch von anderer Seite empfohlen worden. (Kamerlingh Onnes, Commun. Physik. Lab. Leiden, 25, 1896.)

Die Form dieser Correction wird später in Cap. VI besprochen werden; die Luftdichtigkeiten können berechnet werden, sobald man die Drucke, die Temperaturen und die relativen Feuchtigkeiten kennt. Auf den Gehalt an Kohlensäure und an Camphordampf, welche letzteren wir zur Vertreibung von Insecten im obern Wagekasten und bei den unteren Schalen verbreiteten, braucht dabei nicht Rücksicht genommen zu werden. Der Kohlensäuregehalt zeigte sich nach besonderen Messungen nicht wesentlich höher als in besser ventilirten Räumen, die Dampfspannung des Camphors bei etwa 10° ermittelten wir im Vacuum einer Quecksilberluftpumpe gleich fast 1^{mm}, was bei dem hohen Moleculargewicht dieses Dampfes die Luftdichtigkeit wohl merklich afficiren könnte. Da aber beide Dämpfe oben und unten in gleicher Weise wirkten, hebt sich ihr Einflufs in der allein wichtigen Differenz der Luftdichtigkeiten an beiden Orten bis auf einen ganz unwirksamen Betrag heraus.

Zur Bestimmung des Luftdrucks diente ein Fuefs'sches Normal-Heber-Barometer, welches unter dem Podium des Beobachtungsplatzes *B* Taf. I an der Seite der Treppe desselben festgeschraubt war. Das Quecksilberniveau im offenen Schenkel lag 44^{cm} über den unteren und 182^{cm} unter den oberen Wageschalen. Aus dem abgelesenen Stand erhält man also den Luftdruck am Orte der Gewichte durch Addition von $0^{mm}.04$ und durch Subtraction von $0^{mm}.17$. Die Correctionen auf Quecksilber und Mafsstab bei 0° wurden angebracht. Die Sicherheit der Noniusablesung betrug etwa $0^{mm}.02$, doch sind wohl die möglichen Fehler der Einstellung der beiden Niveaus etwas gröfser. Das Vacuum wurde im Laufe der Jahre zweimal nach bewährter Methode experimentell geprüft; ein mefsbarer Druck darin konnte nicht nachgewiesen werden.

Zur Bestimmung der Temperaturen dienten zwei Fuefs-Pernet'sche Einschlufs-Thermometer, welche in Zehntelgrade getheilt waren und mit blofsem Auge eine Schätzung bis auf etwa 0°.01 ermöglichten. Das eine Thermometer, von gewöhnlicher Form, ruhte in einem am Ende eines langen Holzstabes ausgehöhlten Lager und wurde durch Einführung dieses Stabes in die hintere Öffnung des im Fundament ausgesparten Doppelkanals mit seinem Gefäfs in nächste Nähe einer der unteren Wageschalen gebracht. Die hinteren Schiebethüren der beiden Kanalseiten und die entsprechenden Thüren in dem umgebenden doppelwandigen Zinkkasten brauchten bei den Ablesungen nicht geöffnet zu werden; der ein wenig herausragende Stab

wurde in seiner glatten Führung schnell so weit herausgezogen, daſs die Scala des Thermometers erschien, und dann wieder hineingestoſsen. Störende Luftströmungen waren also vermieden. Diese einfache Art der Ablesung wäre für die Temperatur bei den oberen Kugeln schwierig gewesen, weil der Beobachter auf einer Leiter stehend und eine Kerze haltend zu wenig Bewegungsfreiheit beim Hantiren hatte. Deshalb wurde oben ein Thermometer von ungewöhnlicher Form benutzt, dessen Gefäſs dicht hinter der Wage im Niveau der oberen Wageschalen steckte, dessen Capillare aber in horizontaler Richtung etwa 125^{cm} weit durch eine hintere kanalförmige Verlängerung des hölzernen Wagekastens lief, dann die Verschluſsthür dieses Kanals sowie die zwei Thüren des doppelwandigen Zinkkastens durchsetzte und schlieſslich in einem knieförmig nach oben gebogenen Theil endigte, welcher die auf diese Weise von der Auſsenseite des Zinkkastens ablesbare Scala trug.

Die Correctionstabellen beider Thermometer wurden von der Kaiserl. Normal-Aichungs-Commission in Berlin durch Vergleich mit einem angeschlossenen Normalinstrument aufgestellt. Dabei muſste bei dem Kniethermometer Sorge getragen werden, daſs der über ein Meter lange horizontale Faden auch auf die Temperatur des Gefäſses gebracht wurde. Später wurde noch einmal das gewöhnliche untere Thermometer in der Physikalisch-technischen Reichs-Anstalt geprüft und darauf das Kniethermometer in dem sehr gleichmäſsig temperirten Spandauer Arbeitsraume bei verschiedenen für uns in Betracht kommenden Temperaturen mit jenem verglichen. Diese Vergleichung beider Thermometer wird sich in Cap. VI als die wichtigste Aufgabe herausstellen; die Temperaturdifferenzen spielen die gröſste Rolle, während für den absoluten Betrag ein genäherter Werth genügt.

Die Thermometer- gleichwie auch die Barometer-Ablesungen wurden am Beginn und am Schluſs jeder Wägungsreihe ausgeführt. Für die Berechnung der Luftauftriebe wurde das Mittel der Anfangs- und Endzahlen verwendet; für die in Cap. VII zu besprechende Ausgleichungsrechnung werden aber die einzelnen Daten für die Temperatur von Wichtigkeit.

Die relative Feuchtigkeit wurde bestimmt durch zwei Haarhygrometer, welche von Pfister in Bern in besonderer für die Einführung in die oben erwähnten zu den Schalen führenden Kanäle geeigneter Form angefertigt wurden. Um diese ablesen zu können, muſsten die Thüren, welche die hinteren Enden dieser Kanäle verschlieſsen, und die entsprechenden Thüren

im Zinkkasten geöffnet werden; die Ablesungen wurden aber wegen der langsamen Schwankungen der Feuchtigkeit nur nach Schlufs der Wägungsreihen vorgenommen, in den späteren Jahren der Arbeit, nachdem der Inhalt von Cap. VI durchschaut war, überhaupt nur noch selten ausgeführt, um eine allgemeine Anschauung von dem Feuchtigkeitsgehalt im Beobachtungsraume zu gewinnen. Für die Hygrometer waren bei verschiedenen Feuchtigkeitsgraden durch Vergleich mit einem Allouard'schen Condensationshygrometer Correctionstabellen aufgestellt.

Cap. II. Technisches über den Bleiklotz.

Der Bleiklotz, dessen Gravitation auf Kilogramme in den Wageschalen zur Messung kam, besafs die Gestalt einer quadratischen Säule von nahezu 200^{cm} Höhe und 210^{cm} horizontaler Kantenlänge. Nach E. Lampe[1] ist das Maximum der Attraction einer quadratischen Säule von gegebener Masse auf den Mittelpunkt einer Endfläche erreicht bei dem Verhältnifs 0.922 von Höhe zu Grundkante. Unser Verhältnifs $200:210 = 0.952$ kommt ihm nahe und ist der günstigste, praktisch erreichbare Werth, wenn der Bleiklotz aus lauter gleichen rechtwinkeligen Barren aufgebaut werden sollte, an denen zwei Dimensionen gleich, die dritte ein kleines ganzzahliges Vielfaches jener sein sollte. Diefs bietet aufser der gröfstmöglichen Ausnutzung der Bleimasse noch den allen Maximalformen eigenen Vortheil, dafs kleine Veränderungen der Form auf die Gröfse der Wirkung ohne merklichen Einflufs bleiben. Für die einzelnen Barren wurde ein Gewicht von rund 34 kg gewählt, mit welchem ein Mann gerade noch hantiren kann; sie besafsen die Dimensionen $10 \times 10 \times 30^{cm}$ und waren in liegender Stellung in 20 Schichten angeordnet. Wegen der Verbindungsstangen zwischen den oberen und unteren Wageschalen mufsten in der Mitte jeder Schicht an Stelle der gewöhnlichen Stücke solche mit halbcylindrischen Aussparungen verwendet werden, welche an die Schutzröhren jener Stangen von vorn und hinten herangeschoben wurden. Mit diesen Extrastücken wurde der Aufbau jeder Schicht begonnen. Wenn alle Schichten nach einheitlichem Plane gelegt worden wären, so würden alle Fugen zwischen den einzelnen Stücken vertical den ganzen Bau durchsetzt und denselben locker gemacht haben. Daher wurden die Schichten abwechselnd nach zwei durchweg verschiedenen Plänen gelegt, welche solche Fugen nicht zu Stande kommen liefsen. Zu demselben Zweck waren die Mittelstücke, abgesehen von ihren Aussparungen, in einer Schicht halb so grofs, in der nächsten anderthalb-

[1] Verh. d. physik. Ges. in Berlin, 1884, Nr. 14 vom 19. Dec.

mal so grofs als die gewöhnlichen Stücke. Die beiden Pläne für die abwechselnden Schichten sind in Fig. 1 wiedergegeben.

Die Königl. Geschützgiefserei gofs das im gewöhnlichen Betrieb von den Geschofsfängen eingelieferte Blei nach Reinigung und Reduction in die

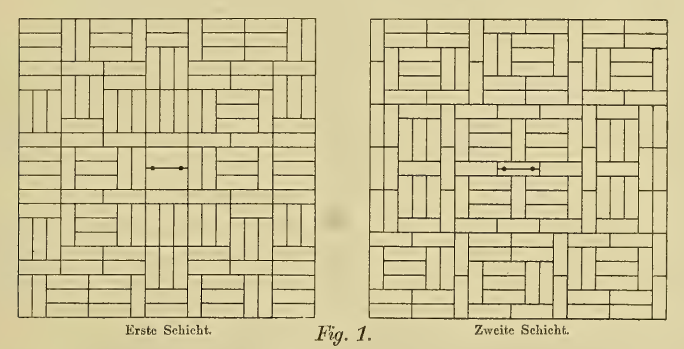


Fig. 1.

für uns hergestellten Formen. Diese bestanden aus gehobeltem Eisen und liefsen sich diagonal in zwei Hälften auseinanderklappen, die durch Scharniere in einer Längskante zusammenhiengen. Sie wurden, auf der kleinsten Fläche stehend, gefüllt, oben blieben die Kasten offen; die gebildete Schwundfläche wurde nach dem Erkalten abgestochen und glattgearbeitet. Dem Augenschein nach war der Gufs durchaus blasenfrei, und die Stücke waren vortrefflich scharfkantig und glattwandig gelungen, wie es für ein festes Gefüge des ganzen Klotzes erforderlich war. Bei dessen Aufbau mufsten fast nur bei der untersten Schicht kleine Unebenheiten durch untergelegte Schnitzel von dünnem Zinkblech ausgeglichen werden, welche Unebenheiten also offenbar überwiegend der Oberfläche des Fundamentes zuzuschreiben waren. Wie gut die Stücke auch in ihren Dimensionen übereinstimmten, zeigte das ausgezeichnete Zusammenpassen derselben. Hiervon und von den exacten Begrenzungen des Bleiklotzes gibt die Reproduction einer bei Magnesiumlicht gemachten photographischen Aufnahme Taf. III deutliche Anschauung. Sie stellt die rechte Hälfte der vorderen Wand des Klotzes dar, soweit dieselbe wegen der Schutzverkleidung des Vertauschungsmechanismus (links) gesehen werden konnte; bei geöffneter Thür t (Taf. I) des Zinkkastens k ist der Beschauer an der Stelle des »w« zu denken; wegen des geringen Abstandes war der Gesichtswinkel für die Aufnahme sehr grofs, und es mufste

mit sehr enger Blende photographirt werden. Man zählt auf dem Bilde nur 18 Schichten, die beiden obersten Schichten waren am Tage der Aufnahme bereits abgetragen. Um die sorgfältige Ausführung des schwierigen Baues hat sich der Mechanikergehülfe Hermann verdient gemacht.

Eine Befürchtung, die wir selbst nicht hegten, die aber von anderer Seite ausgesprochen wurde, war die, dafs die Plasticität des Bleies eine fortschreitende Deformation der unteren Schichten im Klotze unter dem Drucke der oberen verursachen werde. Das erschien uns von vorn herein unwahrscheinlich, da dieser Druck gar nicht so sehr grofs ist: einer Bleisäule von 2^{m} Höhe entsprechen ungefähr 2 Atmosphaeren. Der Sicherheit halber bauten wir aber auch in dem Vorraume der Casematte eine Bleisäule von $2^{m}.1$ Höhe auf, aus sieben auf die hohe Kante gestellten unserer Barren errichtet. Zwischen den untersten derselben und die cementirte Unterlage sowie auf den obersten waren Eisenplatten gelegt, welche an der Seite mit Nonien gegen einen verticalen Eisenmafsstab anlehnten, so dafs die Höhendifferenz bis auf $0^{mm}.1$ abgelesen werden konnte. Diese Bleisäule, am 18. December 1886 aufgebaut, zeigte bis zum 8. August 1892 in ausgeprägtester Weise die von der Differenz der Ausdehnungscoefficienten Blei gegen Eisen herrührenden, für das Temperaturintervall von 0 bis 14° etwa $0^{mm}.5$ betragenden Änderungen ihrer abgelesenen Länge; diese blieb aber, nach Correction für diese Änderung, bis auf die Genauigkeitsgrenze von $\pm 0^{mm}.1$ constant, so dafs jene Befürchtung dadurch mit Sicherheit zurückgewiesen wurde.

Dagegen war eine Senkung des Fundamentes unter der grofsen Last des Bleiklotzes mit Bestimmtheit zu erwarten, und mit Rücksicht auf dieselbe wurde von vorn herein die beschriebene jeden directen Zusammenhang mit dem Fundament vermeidende Aufhängung der Wage an Trägern construirt. Der Hauptträger T ruhte ferner mit beiden Enden auf starken Stahlschrauben, damit bei zu starker Senkung des Fundamentes auch die Wage niedriger gestellt werden konnte und ein etwaiges Abreifsen der unteren von den oberen Schalen vermieden würde; diese Vorkehrung brauchte aber nicht benutzt zu werden. Am gefährlichsten wäre ein starkes Kippen des Klotzes geworden, welches den Verbindungsstangen der beiden Schalenpaare die freie Bewegung geraubt hätte. Um solche Gefahren bei Zeiten zu erkennen, wurde eine Nivellirungseinrichtung angebracht, welche die Senkung zu messen erlaubte. Es waren nämlich drei eiserne Schienen (n' n'' n''' Taf. I) mit je einem Ende auf einem Lager im Rande des

Fundamentes, mit dem andern in Nischen der Wand bez. des Pfeilers p aufgesetzt. Jede Schiene trug in der Mitte einen plangeschliffenen Teller zum Aufsetzen einer Röhrenlibelle, für welche der Winkelwerth eines Scalentheiles bekannt war; aus der mit ihr gemessenen Neigung der Schiene und aus ihrer Länge wurde dann die Senkung des betreffenden Randpunktes am Fundamente hergeleitet.

Das Fundament war bereits im Jahre 1885 hergestellt und blieb während der weiteren Vorbereitungen und während der ersten Gruppe von Wägungen zur Bestimmung der Abnahme der Schwere mit der Höhe 8 Jahre lang unbelastet. In dieser Zeit befanden sich die fertig gegossenen Bleistücke weit weg im Gebiete der Geschützgiefserei, übten also keine mefsbare Gravitationswirkung am Orte der Wage aus. Im August und September 1892 wurde die Bleimasse herübergeschafft und zu dem Klotz aufgebaut. Bereits nach Aufbau einiger Schichten war eine Senkung nachzuweisen, welche mit der täglich zunehmenden Belastung wuchs und am Tage der Vollendung des Baues folgende Gröfse erreicht hatte: n': $7^{\text{mm}}_{\cdot}3$, n'': $3^{\text{mm}}_{\cdot}2$, n''': $4^{\text{mm}}_{\cdot}1$; die Senkung wuchs zunächst noch weiter, erreichte aber noch vor Beginn der zur Attractionsbestimmung verwendeten Wägungen folgende Endwerthe: n': $11^{\text{mm}}_{\cdot}0$, n'': $4^{\text{mm}}_{\cdot}6$, n''': $5^{\text{mm}}_{\cdot}9$; die vollendete Senkung der Mitte des Fundamentes findet man hieraus gleich etwa 8^{mm}. Obwohl diese Senkung recht beträchtlich ist, störte sie doch nichts an den Functionen der verschiedenen Apparattheile; auch war die vorhandene Neigung des Klotzes nach rechts, welche sich gleich ungefähr 8 Bogenminuten ergibt, nicht so bedeutend, dafs der Spielraum der cylindrischen Aussparungen im Blei für die beiden Schutzröhren nicht ausgereicht hätte. Nach dem im April und Mai 1895 vollzogenen Abbruch des Bleiklotzes zeigte das Fundament wiederum eine kleine, aber deutlich wahrnehmbare Hebung, welche für n' etwa $1^{\text{mm}}_{\cdot}2$ und für die Mitte des Fundamentes etwa $0^{\text{mm}}_{\cdot}7$ betrug und dadurch zu erklären ist, dafs das Mauerwerk oder das darunter liegende Erdreich während der Belastung auch eine elastische Zusammendrückung erfahren haben mufs. Der weitaus überwiegende Theil der Senkung, der nicht wieder rückgängig wurde, wird dem Verschwinden von Poren im Erdreich oder einem seitlichen Ausweichen desselben zuzuschreiben sein, womit übereinstimmt, dafs die freiere Seite von n' sich stärker senkte als die dicht an dem massiven Mauerwerk gelegene Seite von n'' und n'''.

Cap. III. Die Wage.

Je länger und leichter gearbeitet ein Wagebalken zum Zweck hoher Empfindlichkeit ist, um so stärker wird auch die Durchbiegung bei Belastung der Seitenschneiden sein. Diese Durchbiegung erreicht nach dem Lösen der vorher arretirten Wage keineswegs sofort einen constanten Werth, sondern nähert sich einem solchen in Folge der lang andauernden elastischen Nachwirkung erst ganz allmählich. Zu Gunsten erhöhter Constanz verzichtet man daher auf die gröfste erreichbare Empfindlichkeit und gibt den besten Wagen nur kurze Balken: die unserige besafs einen solchen von $23^{cm}.320$ Abstand der Seitenschneiden von einander. Als Gewichte dienten Kilogrammstücke, und die Gewichtsdifferenzen, welche wir messen sollten, betrugen Milligramme. Wir steckten uns das Ziel, dafs der wahrscheinliche Fehler eines Wägungssatzes, d. h. einer Bestimmung jener Gewichtsdifferenz, $\pm 0^{mg}.01$ nicht übersteigen solle, was wir auch durchschnittlich erreicht haben. Sollte diese Constanz der Angabe schon bei einer einzelnen Einstellung der Wage erreicht sein, so müfste der Hebelarm bis auf etwa ein Milliontel Millimeter jedesmal derselbe sein; das ist eine unerfüllbare Forderung; für das Mittel mehrerer Einstellungen wird aber diese Sicherheit, wie der Erfolg zeigt, thatsächlich erreicht.

Wir hatten meist unsere Wage auf eine Empfindlichkeit von etwa 30 Scalentheilen pro Milligramm eingestellt; hier und immer im Folgenden

handelt es sich um die mit je 1^{kg} beiderseits belastete Wage, wenn nicht ausdrücklich anders angegeben. Die halbe Schwingung dauerte dann etwa $\frac{3}{4}$ Minute, und das Decrement war so klein, daſs die Ruhelage aus 3 aufeinanderfolgenden Umkehrpunkten in der gewöhnlichen Weise durch arithmetische Mittelbildung berechnet für unsern Genauigkeitsgrad dasselbe Resultat ergab, wie bei exacter Berücksichtigung der Dämpfung. Da die einzelne Ruhelage bei wiederholter Bestimmung sich dabei keineswegs bis auf die Grenze sicherer Ablesung (etwa 0.2 Scalentheile) constant ergab, hätte eine weitere Erhöhung der Empfindlichkeit nur Nachtheil durch den Zeitverlust in Folge der langsameren Schwingung gebracht.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen sollen nun die einzelnen Theile der Wage, und bei ihnen auch diejenigen Fehlerquellen besprochen werden, deren Sitz sie sind. Taf. IV zeigt zwei der von Hrn. Stückrath für die Werkstatt angefertigten Zeichnungen der Wage, und zwar eine Vorderansicht und die Seitenansicht eines Gehänges, beide in natürlicher Gröſse. Bei der Wiedergabe dieser Zeichnungen haben wir die das Verständniſs erschwerenden Theile weggelassen, damit das Wesentliche um so besser hervortritt.

A. Balken, Schneiden, Pfannen.

Die auf der im ersten Capitel erwähnten Eisenplatte errichtete Säule der Wage trägt die Chalcedonpfanne p für die Mittelschneide des Balkens. Die Form des Wagebalkens ist aus der Vorderansicht ersichtlich; er bestand aus wiederholt stark gehämmertem, vergoldetem Bronzeguſs. Die mit v bezeichnete Versteifung wurde im Sommer 1891 angebracht; wegen ihrer Anbringung muſsten die Schrauben zur Regulirung der Empfindlichkeit an einer ungewöhnlichen Stelle, nämlich an der Zunge z, angebracht werden. Um die Zeichnung nicht zu verwirren, sind diese Schrauben weggelassen. Jene Zunge — für die definitiven Wägungen überflüssig — diente zum Ablesen bei der ersten rohen Justirung. Der wichtigste Theil des Balkens sind die Schneiden. Unsere Mittelschneide hatte eine Länge von 36^{mm}, die Seitenschneiden von 21^{mm}. Als Material derselben war zuerst Chalcedon gewählt worden, weil er gegenüber dem sonst meist benutzten Stahl den Vortheil gröſserer Härte sowie der Unzerstörbarkeit durch Nässe hat. Bei den Chalcedonschneiden aber beobachteten wir mehrfach, daſs

die Empfindlichkeit der Wage während einer Reihe von Wochen mit häufigen Wägungsreihen immer weiter fortschreitend sehr stark abnahm, während gleichzeitig die Übereinstimmung der Wägungen immer schlechter wurde. So in der Zeit vom 22. I. bis 19. III. 1889, in welcher die Empfindlichkeit von 64.7 Scalentheilen pro Milligramm bis auf 33.0 allmählich herabgieng; und in der Zeit vom 18. X. bis zum 21. XI. 1890, in welcher sie von 36.2 auf 31.3 abnahm. Wir vermutheten, dafs aus den spröden Chalcedonschneiden kleine Stückchen herausgesprungen seien, und das Fehlen solcher Scherben von muscheligem Bruch liefs sich in der That bei starker Vergröfserung direct constatiren. Bei dem sehr geringen Abstande des Schwerpunktes der Wage unter der Mittelschneide mufs ja ein solches Abbröckeln aufser der Inconstanz der Einstellung eine starke Herabsetzung der Empfindlichkeit zur Folge haben. Im Frühjahr 1891 wurden daher die Chalcedonschneiden durch solche aus Stahl ersetzt, wodurch jene rasch fortschreitende Abnahme der Empfindlichkeit und der Sicherheit beseitigt wurde.

Die Schneiden werden von Hrn. Stückrath bei seinen Wagen nicht wie sonst mittels Justirschrauben im Wagebalken gehalten, sondern sind schwalbenschwanzförmig in denselben eingesetzt und durch Antreiben der beiden Backen unverrückbar in ihm befestigt. Dadurch wird eine nachträgliche Veränderung ihrer Lage in Folge des Ausgleichs von Spannungen in den scharf angezogenen Justirschrauben vermieden. Es ist eine besondere Fertigkeit von Hrn. Stückrath, die Parallelität der Schneiden in vollkommenster Weise durch blofses Schleifen derselben herstellen zu können. Die Controle wird dabei ausgeübt durch Aufsetzen von Gehängen mit sehr schmaler Pfanne. Wird diese Pfanne sammt belastetem Gehänge, unter Benutzung der noch zu beschreibenden Arretirung unserer Wage, einmal auf das eine, dann ganz auf das andere Ende derselben Seitenschneide aufgesetzt, so mufs die Einstellung der Wage in beiden Fällen dieselbe sein, wenn die Schneide vollkommen der Mittelschneide parallel ist.

Während der ersten Jahre der Wägungen gieng die Parallelität der Schneiden nach einiger Zeit immer wieder verloren. Wir konnten keine andere Erklärung dafür finden, als die, dafs im Wagebalken trotz wiederholten starken Hämmerns noch Spannungen von dem Gufs desselben her sich nachträglich ausglichen. Das bei permanenten Magneten von den HH.

Strouhal und Barus angewandte Verfahren zur Erzielung constanten Momentes schien uns auch für unsern Zweck Aussicht auf Erfolg zu haben. In der That fand die nachträgliche Lagenänderung der Schneiden nicht mehr statt, nachdem der Wagebalken 24 Stunden in siedendem Wasser gelegen und sich dann mit dem Wasser und dem Backofen ganz langsam abgekühlt hatte. Wir empfehlen daher, diese Maſsregel an Balken für Wagen, welche den höchsten Ansprüchen genügen sollen, von vorn herein vorzunehmen.

Auf den Endschneiden ruhen bei gelöster Wage die Pfannen *p* der Gehänge, aus plan geschliffenen Chalcedonplatten bestehend. Durch die Wahl dieses Materials war eine Bedingung erfüllt, welche ebenso wie die folgende nach den Erfahrungen von Hrn. Thiesen eingehalten werden muſs, daſs nämlich das Material der Schneiden (bei uns Stahl) nicht härter sein darf als dasjenige der Pfannen, widrigenfalls letztere bei schwingender Wage Beschädigung erleiden. Die zweite jener Bedingungen ist, daſs die Schneiden stets kürzer sein müssen als die Pfannen, wenn eine gleichmäſsige Zusammendrückung der ersteren möglich sein soll.

B. Gehänge; Centrirung.

Für die Construction der Gehänge war maſsgebend die Vermeidung folgender Fehlerquelle. Befindet sich der Schwerpunkt eines Gehänges sammt seiner Belastung nicht vor dem Absetzen auf die betreffende Endschneide in der durch diese gelegten Verticalebene, so wird das Gehänge nach dem Lösen sich so weit neigen, bis jenes der Fall ist. Da nun die Schneide keine mathematische Linie ist, sondern eher als Cylinderfläche betrachtet werden kann, so wälzt sich die Pfanne bei jener Neigung des Gehänges auf der Endschneide; die Berührungslinie rückt nach aussen oder innen und der Hebelarm wird ein anderer. Nach der auf S. 20 berechneten Anforderung an die Constanz sieht man, daſs durch jenes Wälzen der Pfanne auf der Endschneide groſse Fehler verursacht werden müssen.

Dieses Wälzen wird zunächst dadurch vermieden, daſs jedes Gehänge aus zwei getrennten Theilen, einem obern (*o*) und einem untern (*u*) (s. Taf. IV) besteht, deren jeder für sich ein starres System bildet und welche unter einander durch ein Cardanisches Gelenk verbunden sind. Letzteres ist hergestellt durch ein Paar auf dem untersten Theile von *o* angebrachte Spitzen,

welche den freien Ring *ri* tragen; auf diesem Ring ruhen wiederum 2 Spitzen, deren Verbindungslinie senkrecht zu derjenigen der beiden ersten Spitzen liegt. Dieses zweite Spitzenpaar gehört dem obersten Theil von (*u*) an. Denken wir uns statt des Gelenks einen »Drehpunkt« *p* (vergl. auch die schematische Darstellung Sitz.-Ber. vom 23. März 1893), so ist die Arretirung des obern Theiles des Gehänges so justirt, dafs sein Schwerpunkt und der Drehpunkt *p* in arretirter Stellung sich in einer Verticalen befinden, welche durch die betreffende Endschneide geht. Wird daher das ganze Gehänge auf letztere abgesetzt, so stellt sich auch der Schwerpunkt des untern Theiles (*u*), einerlei wo er sich vor dem Lösen befand, in jene selbe Verticale ein, ohne dafs der Theil (*o*) sich auf der Schneide wälzt. Wenn nun aber der Schwerpunkt von (*u*) vorher eine seitliche Lage hatte, so wird Pendeln von (*u*) eintreten, welches sich (*o*) mittheilt und die Schwingungen der Wage unregelmäfsig machen würde. Diefs beseitigt Hr. Stückrath durch eine sinnreiche Vorrichtung, welche die »Centrirung« genannt werden soll und bei beständig arretirten Theilen (*o*) folgende Proceduren an (*u*) vornimmt.

Die selbständige Theilarretirung von (*u*) geschieht durch die »Centrirungsspitze« *c*, welche den Bügel von (*u*) an seinem obern Ende anhebt, so dafs der Ring *ri* entlastet wird. (Die Führung der Centrirungsspitze ist insbesondere in der Seitenansicht zu erkennen.) Mit dem Bügel von (*u*) ist unten starr verbunden der Ring *sch*. Mit der Gewichtskugel *M* zusammen wird beim Arretiren und Lösen stets gleichzeitig von dem Ring *sch* abgehoben bez. auf ihn aufgesetzt der Aluminiumteller *al*. Der Schwerpunkt von (*u*) nebst (*sch*) befindet sich nun ebenfalls schon in arretirter Stellung vertical unter der betreffenden Seitenschneide. Aber *M* nebst (*al*) kann ursprünglich eine seitliche Stellung haben. Das Princip des Centrirens ist nun folgendes. Beim Lösen wird zuerst *M* mit (*al*) auf (*sch*) abgesetzt. Dann läfst die Spitze *c* den Theil (*u*) nebst (*sch*) langsam frei, so dafs der Gesammtschwerpunkt von (*u*) (*sch*) (*M*) (*al*) sich vertical unter den gedachten Drehpunkt *p* des Cardanischen Gelenks einstellt. Nun wird wieder arretirt, wobei zuerst *M* mit (*al*) vertical in die Höhe gehoben wird. Theil (*u*) mit (*sch*), die noch frei geblieben sind, pendeln dann um die Stellung, bei welcher ihr Schwerpunkt unter dem Drehpunkt *p* liegt, und werden bei weiterm Arretiren in dieser Gleichgewichtslage festgehalten. Bei nochmaligem Lösen wird zunächst *M* mit (*al*) vertical abwärts auf (*sch*) gesetzt; die Stellung entspricht dann derjenigen, von welcher wir ausgiengen, nur

dafs sich der Schwerpunkt von M mit (al) jetzt näher an der durch den »Drehpunkt« p gehenden Verticalen befindet. Eine Wiederholung des Verfahrens gibt eine abermalige Annäherung an diese Verticale.

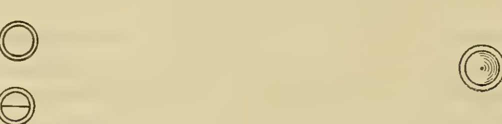
Im einzelnen ist die Ausführung dieses Princips die folgende. Die Arretirung *ta* des Aluminiumtellers *al* geschieht durch 3 Schrauben, die durch das Innere des Ringes *sch* von unten her durchgreifen. Vorder- und Seitenansicht geben (u) und (al) in arretirter Stellung. Die Tellerarretirung (ta) wird durch einen Arm (ar) von einer Führung (f) hinter der Mittelsäule der Wage her gehoben und gesenkt; *ta* nimmt durch seinen nach hinten sich erstreckenden Theil (s. Seitenansicht) die Centrirungsarretirung *ca* mit der Spitze c mit, aber mit Spielraum, so dafs wie verlangt beim Senken zuerst *al* mit M abgesetzt, dann erst c gesenkt, beim Heben wieder zuerst *al* mit M abgehoben, dann erst c nach oben mitgenommen wird. Die ganze Einrichtung der Centrirung würde unnöthig gewesen sein, wenn die Führung der Gewichte beim Absetzen auf die Schalen so angeordnet worden wäre, dafs dieselben sich stets an dieselbe Stelle abgesetzt hätten. Der Vertauschungsmechanismus ergab aber kein solches identisches Absetzen; vielmehr schoben die Kilogrammkugeln beim Absetzen nach geschehener Vertauschung die Aluminiumteller unter sich zurecht, so dafs nach jeder Vertauschung neues »Centriren« erforderlich war. Die »Centrirung« erreicht ihren Zweck um so schneller, je gröfser die Masse M gegenüber der Masse m von Gehänge und Schale ist. Der Abstand zwischen Schwerpunkt von M und der Verticalen durch die Schneide wird bei jedem Lösen und Arretiren des untern Theiles der Gehänge im Verhältnifs $m:(M+m)$ herabgesetzt. Zweimalige Wiederholung »centrirte« bei unseren Verhältnissen die Masse M so weit, dafs der oben auseinandergesetzte Fehler unmerklich klein wurde.

Den übrigen Theil des Gehänges sieht man zunächst auf der linken Seite der Vorderansicht; am Aluminiumteller *al* befindet sich ein Rahmen r, an dessen unterm Ende das oberste Glied der Verbindungsstange *vs* drehbar befestigt ist, an deren unterstem die unteren Wageschalen schweben.

C. Die Arretirung.

Wir kommen nun zur Arretirung, insofern dieselbe nicht lediglich dem Zwecke der »Centrirung« dient. Die Arretirung des Wagebalkens geschieht durch Anheben der beiden über einander liegenden horizontalen Arme *ha*.

Die Zeichnung gibt die sogenannte Kreisarretirung von Arzberger wieder: auf zwei an den Enden des obern der Arme *ha* befindlichen Rollen liegen die beiden Hebel *d* auf, jeder für sich drehbar um eine Achse, die mit der Lage der Mittelschneide bei freischwingender Wage übereinstimmt. Die Enden *de* von *d* tragen die Theile *b*, welche direct den Balken angreifen, auf der rechten Seite eine Säule mit einem konischen Lager von Chalcedon, auf der linken Seite zwei Säulen, die eine mit einem rinnenförmigen, die andere mit einem ebenen Lager von Chalcedon, wie der folgende Grundriſs angibt:



Diese drei Lager fassen beim Anheben drei Chalcedonspitzen des Wagebalkens; ihre besondere Anordnung gewährt Längenänderungen durch die Temperatur den erforderlichen Spielraum in jeder Richtung.

Die Arzberger'sche Kreisarretirung soll den Vortheil bieten, daſs auch bei erheblichen Abweichungen des freien Balkens aus der Horizontalen die drei Spitzen desselben von der Arretirung stets in derselben Weise gefaſst werden. Indessen pflegt man, um starke Stöſse zu vermeiden, doch nur bei sehr geringen Abweichungen von der Horizontalen zu arretiren; auſserdem bietet Arzberger's Vorrichtung durch ihre Schlottrigkeit directe Nachtheile. Deshalb haben wir alsbald nach Beginn der Wägungen von den Armen *d* nur die Enden *de* beibehalten und diese mit *ha* fest verschraubt.

Die Arretirung der Gehänge, welche diese insgesammt von den Endschneiden abhebt, besteht aus dem Arm *g*, welcher an jedem Ende zwei kleine Säulen *k* trägt, je eine mit einem konischen und einem rinnenförmigen Chalcedonlager. Diese Säulen sind in der Vorderansicht links ohne das Gehänge sichtbar; rechts bemerkt man über ihnen die Pfanne des Gehänges. Die beiden Chalcedonspitzen des Gehänges, welche von der Arretirung direct angegriffen werden, sieht man in der Seitenansicht.

Es sollen nun die Fehlerquellen besprochen werden, welche mit der Arretirung zusammenhängen. Die Schneiden sind nicht nur keine mathematischen Linien; sie sind auch trotz sorgfältigsten Schleifens keine geometrisch regelmäſsigen Cylinderflächen und ebenso wenig sind die Pfannen Ebenen. Die Punkte einer Schneide, in welchen dieselbe von der

Pfanne berührt wird, sind daher nur dann dieselben, wenn auch genau dieselbe Stelle der Pfanne ihr gegenüber steht. Die Gleichheit der Berührungspunkte von Schneiden und Pfannen bei mehrmaligem Lösen kann daher nur vorhanden sein, wenn das Lager der Mittelpfanne unverrückbar fest ist und wenn die Arretirung den Balken und die Gehänge stets in derselben Weise auf- und abführt. Bei unserer Wage war das Lager der Mittelpfanne consolenartig an der Mittelsäule angebracht. Dafs es sich beim Absetzen des belasteten Balkens durchbog, war an der Verschiebung des gespiegelten Scalenbildes zu erkennen; ebenso war zu constatiren, dafs unsere Arretirung sich bei Belastung durchbog. Endlich müfste die Arretirung in einer Zwangsführung (Schlitten durch Schraube bewegt) auf- und abgleiten. Ursprünglich entsprach die Construction unserer Wage diesem Postulate keineswegs; die Arretirung fiel beim Lösen durch ihr eigenes Gewicht. Nachträglich ist die Führung durch Einsetzen seitlicher Stifte befestigt worden; aber von Zeit zu Zeit wurde dieselbe von neuem lose.

Mit dieser Fehlerquelle hängt auch die Frage zusammen, ob der Arretirungsmechanismus von Balken und Gehänge vortheilhafter in zwei Theile getrennt oder in einem Stück starr vereinigt wird. Letztere Vereinigung hat zur nothwendigen Folge, dafs zuerst der Balken mit der Mittelschneide auf deren Pfanne abgesetzt wird und dann die Gehänge auf die Endschneiden des freien Balkens. Um diesen während seiner isolirten Lage an unregelmäfsigen Bewegungen zu hindern, kann man die Arretirung so justiren, dafs ein Abheben der Gehänge von den Endschneiden überhaupt nicht stattfindet, sondern nur eine theilweise Entlastung der letzteren, indem die Arretirung, unmittelbar nachdem sie die Gehänge gefafst hat, auch bereits den Wagebalken selbst in die Höhe hebt. Wir haben eine Überlegenheit dieses Systems der vereinigten Arretirung, die durch einfache Verschraubung der beiden Führungen bewirkt werden konnte, gegenüber der von uns bei den definitiven Wägungen ausschliefslich benutzten getrennten Arretirung nicht constatiren können.

Bei letzterer werden zuerst die Gehänge auf die Endschneiden abgesetzt, dann der Balken sammt den Gehängen mit der Mittelschneide auf deren Pfanne. Die feinere Justirung des Absetzens beider Theile geschieht durch die beiden Paare von kleinen Säulen, welche die Gehänge, und die drei kleinen Säulen, welche den Balken direct angreifen und durch Schrauben mikrometrisch gehoben und gesenkt werden konnten. Zunächst war darauf

zu achten, daſs beide Gehänge gleichzeitig auf ihre Endschneiden abgesetzt wurden, damit eine einseitige Durchbiegung der Balkenarretirung vermieden wurde; die Momente des Absetzens der Gehänge waren an den seitlichen Verschiebungen des Scalenspiegelbildes zu erkennen. Sodann muſste die Arretirung jedes Gehänges so justirt sein, daſs die Pfanne schon vor deren Absetzen der Schneide parallel war, damit ein Kippen vermieden wurde; die Beseitigung solchen Kippens wurde controlirt vermittels eines kleinen Spiegels, der an das Gehänge angeklebt wurde, oder auch durch directes Anvisiren einer Marke am Gehänge mit dem Mikroskop. Endlich muſste auch die Mittelschneide schon vor dem Absetzen parallel ihrer Pfanne sein; dieſs konnte durch die Abwesenheit des Kippens im Bild des Wagebalkenspiegels controlirt werden.

D. Verschiedene kleinere Vorrichtungen.

Das Lösen der Wage sowie das vorhergehende Centriren geschah vom Platze des Beobachters aus durch eine einzige Kurbel. Für gute Übereinstimmung der Wägungen kommt auf sanftes Absetzen von Gehängen und Balken sehr viel an; um dieses zu erleichtern, griff die Kurbel die Arretirung mit solcher Übertragung an, daſs eine schnelle und daher leicht gleichmäſsig zu bewirkende Drehung mit der Hand doch nur ein sehr langsames Absetzen erzeugte. Der Moment des Eintritts voller Freiheit der Wage wurde stets im Fernrohr beobachtet; war derselbe trotz aller Vorsicht mit einem Stoſs verbunden, so wurde wieder arretirt und von neuem gelöst. Als unschädlich hat sich dagegen bei geeigneter Behandlung eine andere Erscheinung erwiesen, die wir »Kleben« der Wage genannt haben: bei einer Stellung der Arretirung, die freies Schwingen erlauben würde, liegt die Wage doch, ohne zu schwingen, der einen Seite der Arretirung an; gibt man dann, wenn genügender Spielraum vorhanden ist, durch Zurückdrehen der Arretirung einen leisen Stoſs, so erhält man regelmäſsige Einstellungen.

Das Pendeln der unteren Wageschalen, welches beim Absetzen dee Kilogramme auf dieselben nicht völlig vermieden werden konnte, wurde durch anzuhebende Pinsel beruhigt.

Die Anbringung der Reitergewichte ist aus der Seitenansicht des Gehänges ersichtlich. Der obere Theil (o) des letztern trägt einen Halter h

mit einer horizontalen Leiste *l*. An dieser sind für jeden Reiter zwei vorspringende Blechstreifen *m* dicht neben einander befestigt, welche mit Kerben zum Aufsetzen des Reiters versehen sind. Zwischen zwei solchen Streifen *m* gleitet ein ebenfalls mit Kerbe versehener Hebel *i* hindurch; ist *i* durch die an ihm befestigte Schnur gehoben, so ruht der Reiter in der Kerbe von *i*; wird *i* gesenkt, so streift sich der Reiter auf die Kerbe von *m* ab. Die Reiter wirken also auf die Wage, mit ihrem ganzen Gewicht die Endschneide belastend.

E. Elastische Nachwirkung.

Auf S. 20 haben wir schon kurz den Einflufs der elastischen Nachwirkung auf die Wägungen erwähnt. Derselbe war für uns besonders schwerwiegend durch die Nothwendigkeit, während eines Wägungssatzes die Gewichte mehrere Male zu vertauschen und daher die Wage zu arretiren; die Durchbiegung des Wagebalkens und die Zusammendrückung der Schneiden mufste sich nach jeder erneuten Belastung von neuem herstellen. Die dabei auftretenden Nachwirkungserscheinungen werden sich um so weniger störend geltend machen, je solider der Wagebalken und die Schneiden gearbeitet sind; aus den starken Nachwirkungserscheinungen, welche sich an unserer Wage zeigten, ist zu schliefsen, dafs eine massivere Construction vortheilhafter sein würde. Im Sommer 1891 haben wir an dem Wagebalken die mit *v* bezeichnete Versteifung anbringen lassen; jene Erscheinungen waren dadurch wohl vermindert, blieben aber immer noch recht stark. Die elastische Beanspruchung der Schneiden würde man durch eine möglichst grofse Länge derselben herabsetzen können.

Eine der ersten Nachwirkungserscheinungen ist eine fortschreitende Verminderung der Empfindlichkeit der Wage während der Belastung. Dieselbe kann von der Durchbiegung des Balkens, aber auch von der Zusammendrückung der Schneiden herrühren. Die Empfindlichkeit wurde stets in der Weise bestimmt, dafs nach einander Ruhelage bei einer gewissen Belastung, Ruhelage nach Hinzufügen der Zulage, Ruhelage bei der ersten Belastung ermittelt und die 1. und 3. Ruhelage zum Mittel vereinigt wurden. Dabei konnte nach jeder Bestimmung einer Ruhelage die Wage arretirt und dann das Zulagegewicht aufgelegt bez. abgehoben werden; diefs konnte aber auch ohne zwischenliegendes Arretiren an der freischwingenden Wage ausgeführt werden. Da im letztern

Falle die Belastung durch die Kilogramme während der Bestimmung dreier Ruhelagen ununterbrochen wirkte, so ist zu erwarten, dafs die Verminderung der Empfindlichkeit sich dabei stärker geltend macht als bei der Bestimmung mit zwischenliegendem Arretiren. Am stärksten wird sie auftreten, wenn man ohne jegliches Arretiren nicht nur drei, sondern mehr Ruhelagen abwechselnd mit und ohne Zulagegewicht ermittelt. Diese Verhältnisse sprechen sich in folgenden Beispielen (20. XII. 87) aus:

	Ruhelage	Mittel der benachbarten	Empfindlichkeit (für $0^{mg}.8$)
Wage gelöst	511.9		
Ohne Arretiren rechts $0^{mg}.8$ zugelegt	477.8	511.1	33.3
» » » » abgehoben	510.3	477.6	32.7
» » » » zugelegt	477.4	510.2	32.8
» » » » abgehoben	510.1	477.4	32.7
zugelegt	477.5		
Nach Pause abgehoben	510.0		
zugelegt	477.6	509.7	32.1
abgehoben	509.5	477.5	32.0
zugelegt	477.4	509.2	31.8
abgehoben	508.9		
Arretirt; rechts 0.8 zugelegt, gelöst	478.2		
» » abgehoben, »	513.2	479.0	34.2
» » zugelegt, »	479.8	513.0	33.2
» » abgehoben, »	512.7	478.4	34.3
» » zugelegt, »	477.0	512.9	35.9
» » abgehoben, »	513.1	477.7	35.4
» » zugelegt, »	478.3	512.6	34.3
» » abgehoben, »	512.1	478.6	33.5
» » zugelegt, »	478.9		

Typisch ist, dafs die Empfindlichkeit mit zwischenliegendem Arretiren gröfser und jedenfalls nicht so schnell abnehmend gefunden wird; die schlechtere Übereinstimmung ist eine Folge der durch das Arretiren bedingten Fehlerquellen. Die Bestimmungen ohne Arretiren mit der starken systematischen Abnahme erstreckten sich bei vorstehendem Beispiel etwa über eine Viertelstunde.

Vor Anbringung der Versteifung am Wagebalken zeigte sich auch, dafs die Wirkung der wiederholten vorübergehenden Belastungen während einer, mehrere Stunden dauernden Beobachtungsreihe sich summirte zu einer langsamen Abnahme der Empfindlichkeit. Jede einzelne Bestimmung derselben geschah dabei damals aus 3 Ruhelagen ohne dazwischenliegendes Arretiren; zwischen je zwei Bestimmungen der Empfindlichkeit lag dann aber mindestens einmaliges, meist mehrfaches Arretiren, Vertauschung der Kilo-

gramme u. s. w. Bei 44 solchen mehrstündigen Beobachtungsreihen in der Zeit von Februar 1888 bis Mai 1891 wurden wiederholte Bestimmungen der Empfindlichkeit gemacht; 36 Mal nahm sie während der Reihe ab, und zwar betrug die Abnahme bis zu $^1/_8$ des ursprünglichen Werthes (Anfangswerth $0^{mg}.8$ = 28.0 Scalentheile, Endwerth = 24.8; Anfangswerth 1^{mg} = 93.5, Endwerth = 81.0); bei 3 Wägungsreihen blieb die Empfindlichkeit bis auf 0.1 Scalentheile constant, und nur 5 Mal unter 44 nahm sie scheinbar ein wenig zu, in maximo um $^1/_{40}$ (Anfangswerth $0^{mg}.8$ = 24.6 Scalentheile, Endwerth = 25.2). Dafs diese Abnahme der Empfindlichkeit in der That durch die Belastung hervorgerufen wird, geht aus mehreren Reihen hervor, bei welchen zwischen den Wägungen mit den Kilogrammgewichten auch solche mit nur je 53^{gr} beiderseitiger Belastung (den Hohlkugeln) gemacht wurden; die bei den Kilogramm-Wägungen stattfindende Abnahme der Empfindlichkeit war bei den Hohlkugelwägungen mindestens sehr verringert, zum Theil sogar in eine Zunahme verwandelt; so bei folgenden Reihen:

	Empfindlichkeit in Scalentheilen					
	Belastung je 1^{kg}				Belastung je 50^{gr}	
13. X. 1890	30.2	29.9	29.5		21.1	21.0
14. » »	30.0	29.5			21.1	21.2
16. » »	29.8	29.7	29.1	29.0	21.0	21.3

Andere Nachwirkungserscheinungen machten sich nicht, oder wenigstens nicht unmittelbar an der Empfindlichkeit, sondern an der Ruhelage für eine gegebene Belastung geltend; auch sie können in der Durchbiegung des Balkens oder der Zusammendrückung der Schneiden ihre Ursache haben. Solcher Erscheinungen sind zwei Arten beobachtet worden. Die erste Art fand sich in den ersten Jahren, ehe der Balken versteift war und als die Schneiden noch aus Chalcedon bestanden. Sie war folgende: gieng die Wage von der arretirten Stellung aus nach rechts bez. nach links, so wanderte die Ruhelage bei den ersten Schwingungen ebenfalls nach rechts bez. nach links. Z. B. (9. XII. 87):

Arretirte Stellung wie immer nahe bei 500.
Wage gelöst; Ruhelagen aus je 3 Umkehrpunkten berechnet: 504.8 505.4.
Neunmal arretirt und gelöst; jedesmal dieselbe Wanderung.

Arretirt; rechts 1^{mg} zugelegt;	gelöst; Ruhelagen:	463.1 462.9	
Arretirt;	» »	462.1 461.8 461.6	
»	» »	460.3 459.9	
» » » weggenommen;	» »	510.6 511.2	
» » » zugelegt;	» »	465.4 465.2	
Arretirt;	» »	468.2 467.2	
» » » weggenommen;	» »	509.9 510.3	

Allgemein erhielt man für ein und dieselbe Belastung aus den ersten drei Umkehrpunkten eine gegenüber der definitiven zu kleine bez. zu grofse Ruhelage, wenn man ohne zwischenliegendes Arretiren vorher eine Einstellung bei kleineren bez. gröfseren Zahlen gehabt hatte; z. B. (1. V. 1891):

Wage gelöst; Ruhelage:	519.0
Ohne Arretiren links 0.8 zugelegt:	536.3
» » » » abgehoben:	519.7
» » rechts » zugelegt:	502.6
» » » » abgehoben:	519.0
» » links » zugelegt:	536.0
» » » » abgehoben:	519.5

Nach der Versteifung des Wagebalkens und Ersetzung der Chalcedonschneiden durch solche aus Stahl zeigte sich statt dieser ersten eine zweite Art von Nachwirkung in den Ruhelagen. Da sie nicht zu beseitigen war und daher in allen definitiven Wägungen auftrat, mufste ihr Verlauf sorgfältigst studirt werden. Das Wesentliche derselben ist eine Wanderung der Ruhelage der belasteten Wage, stets im selben Sinne (zu den grofsen Zahlen der Scale), einerlei ob die Ruhelage von der Stellung im Augenblicke des Lösens der Arretirung (ungefähr 500) aus nach rechts oder nach links liegt. Sie zeigt sich wieder am stärksten, wie zu erwarten, bei der frei schwingenden Wage; folgende Reihe (14. IV. 92) ist typisch für ihren Verlauf:

Wage centrirt; schwingt ½ St. lang.

Arretirt; gelöst; Ruhelage aus d. 1. 2. 3. Umkehrp.	513.7;	aus d. 4. 5. 6.:	514.1
» » » » » » »	516.3;	» » »	516.7
» » » » » » »	517.4;	» » »	517.9
» » » » » » »	517.9*;	» » »	518.3
» » » » » » »	517.4;	» » »	517.8
» » » » » » »	516.9;	» » »	517.4
» » » » » » »	516.3;	» » »	516.7
» » » » » » »	514.6;	» » »	515.1
» » » » » » »	514.9		—
» » » » » » »	515.0		—

Von der mit * bezeichneten Einstellung an ist evident, dafs die Wanderung zu den grofsen Zahlen nur noch an der freischwingenden Wage auftritt, während die successiven Einstellungen mit zwischenliegendem Arretiren umgekehrt eine durch irgend eine andere Ursache hervorgerufene Wanderung zu den kleinen Zahlen zeigen. Unsere Erscheinung verläuft in obiger Reihe, wie man sieht, mit grofser Regelmäfsigkeit; die Zahlen der 2. Columne sind alle um 0.4 oder 0.5 gröfser als die der ersten. Für die Be-

stimmung von Gewichtsdifferenzen wird es daher gleichgültig sein, ob man stets die Ruhelage aus dem 1. 2. 3. oder etwa stets aus dem 4. 5. 6. Umkehrpunkte nach dem Lösen bestimmt; nur darf man nicht einmal die einen, ein andermal die anderen nehmen; wir haben stets die 3 ersten genommen.

Dafs diese Nachwirkung eine Folge der Belastung ist, zeigt ihre bedeutende Verkleinerung bei der unbelasteten Wage (19. XII. 91):

Nach bereits mehrstündigen Wägungen mit je 1kg Belastung. Pause bei arretirter Wage.

Gelöst bei Kilogramm-Belastung. Ruhelage a. d. 1. 2. 3. Umkehrp.	500.1;	a. d. 4. 5. 6. 501.6.
Arretirt; dasselbe » »	502.8;	» 504.6.
» » » »	502.7;	» 503.4.

Arretirt; d. Kilogramme abgehoben; gelöst.

Ruhelage: a. d. 1. 2. 3. Umkehrp. 499.9; a. d. 4. 5. 6. 500.1; a. d. 7. 8. 9. 500.2; a. d. 10. 11. 12. 500.2.

Arretirt; die Kilogramme wieder aufgesetzt; andere Zulagegewichte als vorhin; centrirt; gelöst;
Ruhelage: a. d. 1. 2. 3. Umkehrp. 510.0; a. d. 4. 5. 6. 511.1; a. d. 7. 8. 9. 511.6; a. d. 16. 17. 18. 512.9;
a. d. 19. 20. 21. 513.0; a. d. 23. 24. 25. 513.1.

Arretirt; gelöst;
Ruhelage: a. d. 1. 2. 3. Umkehrp. 511.7; a. d. 4. 5. 6. 513.4; a. d. 7. 8. 9. 513.5.

In vorstehender Tabelle zeigt ferner die vorletzte Reihe von Zahlen, wie sich die Einstellung bei lang andauerndem freien Schwingen asymptotisch einer oberen Grenze nähert; die letzte Reihe zeigt, wie die mit einmaligem Arretiren und sofortigem Lösen der Wage verbundene kurze Entlastung schon genügt, um den Zustand zuerst wieder weit von dem Endzustande der dauernd belasteten Wage zu entfernen. Dieser Rückgang in der Wanderung zu den grofsen Zahlen macht sich besonders stark geltend, wenn nach dem Arretiren eine Pause bis zum nächsten Lösen gemacht wird, wie z. B. folgende Reihe (30. XII. 91) zeigt:

Wage nach bereits mehrstündigen Wägungen
längere Zeit arretirt; gelöst; Ruhelage a. d. 1. 2. 3. Umkehrp. 492.9

Arret. Rechts 0mg8 abgehoben; ohne Pause gelöst;	Ruhelage a. d. 1. 2. 3. Umkehrp.	517.9;	a. d. 4. 5. 6. 518.4
» » » zugelegt; » » »	» » » »	497.0;	» » 497.2
» » » abgehoben; » » »	» » » »	521.9;	» » 522.3
» » » zugelegt; » » »	» » » »	496.7;	» » 496.9
» Pause von mehreren Min.; gelöst;	» » » »	493.3;	» » 494.7
			a. d. 7. 8. 9. 495.1
			nach 5 Min. 495.6
» Ohne Pause gelöst;	» » » »	496.4;	
» Pause von mehreren Min.; gelöst;	» » » »	494.1;	a. d. 4. 5. 6. 495.3
			» 7. 8. 9. 496.0
			a. d. 10. 11. 12. 496.3

Bestimmt man wiederholt die Ruhelage, jedesmal nach den drei ersten Umkehrpunkten arretirend, so summirt sich die Wirkung der mehrfachen kurzen Belastungen zu einem stationären Zustande. Wenn die Wage einmal zu Anfang eines Wägungstages, etwa 20 Minuten lang, belastet frei ausgeschwungen hatte, so waren nach den späteren, für die Vertauschung der Kugeln u. a. erforderlichen Pausen von etwa 5 Minuten jedesmal nur die beiden, höchstens ausnahmsweise die drei ersten in dieser Weise bestimmten Ruhelagen gegen die folgenden zu klein, z. B. (3. II. 92):

Wage schwingt frei etwa 20 Min. lang.
Arretirt; 5 Min. Pause; gelöst.
Ruhelage 496.5. Arret. sogleich gelöst 496.4; dass. 498.4; dass. 497.2; dass. 498.1; dass. 497.5.
Arretirt; 5 Min. Pause; gelöst.
Ruhelage 496.7. Arret. sogleich gelöst 496.2; „ 497.5; „ 497.5; „ 497.3.
Arretirt; 5 Min. Pause; gelöst.
Ruhelage 494.2. Arret. sogleich gelöst 495.8; „ 496.5; „ 496.2; „ 496.8.
Arretirt; 5 Min. Pause; gelöst.
Ruhelage 496.9. Arret. sogleich gelöst 494.9; „ 496.7; „ 496.3; „ 496.2.
Arretirt; 5 Min. Pause; gelöst.
Ruhelage 495.7. Arret. sogleich gelöst 495.2; „ 496.8.

Wir haben auch versucht, die Ursache der zuletzt auseinandergesetzten Nachwirkung zu ermitteln. Wenn die Versteifung des Wagebalkens wieder abgeschraubt war, war die Erscheinung nicht stärker; danach scheint es wahrscheinlicher, dafs der Zusammendrückung der Schneiden die Schuld zu geben ist. Da die Wanderung einseitig verläuft, tauchte der Gedanke auf, unsymmetrische Belastung einer oder mehrerer Schneiden könne sie verursachen. Zur Controle dieser Vermuthung wurde die Arretirung einmal so justirt, dafs der Wagebalken nur in stark nach links, ein ander Mal so, dafs er nur in stark nach rechts geneigter Stellung freien Spielraum hatte. Dann hätte die Wanderung in beiden Fällen entgegengesetzt verlaufen müssen; sie verlief aber gleich, und nicht anders als wenn der Balken nahe horizontal lag. Wir glauben daher unsymmetrische Elasticitätsverhältnisse in den Schneiden zur Erklärung annehmen zu sollen.

Nachdem die Eigenschaften der Nachwirkung so ermittelt waren, konnte ein feststehendes System der Behandlung und Ablesung der Wage aufgestellt werden, bei welchen die Nachwirkung immer im selben Zustande abgefafst wurde und ihr Einflufs daher aus dem Resultate herausfällt, da es sich bei diesem stets nur um Differenz der Einstellungen handelt. Diefs System ist folgendes, wobei auch die zur Vermeidung der

früher erwähnten Fehlerquellen nothwendigen Operationen nochmals angeführt werden sollen.

Zu Beginn der Wägungsreihe eines Tages wird centrirt; die mit den Kilogrammen belastete Wage schwingt dann, sich selbst überlassen, etwa 20 Minuten lang. Nachdem arretirt ist, können die Wägungen für die vorhandene Stellung der Kilokugeln sogleich beginnen. Dagegen nach einer Vertauschung derselben, welche etwa in 5 Minuten ausgeführt werden kann und während welcher die Wage arretirt ist, wird zuerst zweimal »centrirt«; vorher, zwischendurch und nachher jedesmal »Pinselberuhigung« der unteren Wageschalen. Dann wird die Wage gelöst und die Zulagegewichte so combinirt, daſs die Ruhelage etwa bei Zahlen kleiner als die arretirte Stellung (500) liegt. Man läſst drei Umkehrpunkte passiren, arretirt, legt links ein solches Zulagegewicht zu, daſs die neue Ruhelage möglichst symmetrisch zur ersten auf der anderen Seite der arretirten Stellung liegt. Durch diese symmetrische Lage sollen möglichst alle Einflüsse der Neigung für beide Seiten in gleicher Weise zur Geltung kommen. Man löst wieder, läſst drei Umkehrpunkte passiren, arretirt und hebt das Zulagegewicht links wieder ab. Nun beginnen die Ablesungen, für welche ein bestimmtes Beispiel angeführt werden soll (es ist die Stellung III der Reihe vom 3. XII. 1891):

				Ruhelage	Mittel der Nachbarn	Empfindlichkeit
Gelöst, die ersten 3 Umkehrp.	468.3	503.5	472.3	486.90		
Arret., links 1^{mg} zugelegt; gelöst:	535.0	503.0	533.9	518.73	486.56	32.17
» » abgehoben; »	467.0	503.9	470.1	486.22	518.76	32.54
» » zugelegt; »	532.0	506.0	531.2	518.80		
Arretirt.						

Nach jedem Arretiren wird auch wieder »Pinselberuhigung« angewandt. Bei weniger gutem Zustande der Wage, wenn die Ruhelagen, die identisch sein sollten, eine schlechtere Übereinstimmung zeigen, wird eine gröſsere Anzahl von Einzelbestimmungen als vier, wie in vorstehender Reihe, gemacht. Als Gesammtresultat derselben wird in die Rechnung eingeführt, daſs das Mittel aller Ruhelagen, also 502.66 die Einstellung ist, welche $\frac{1}{2}^{mg}$ links plus den anderen, nicht aufgeführten Zulagegewichten (nämlich denjenigen für die Einstellung bei 486.2 bis 486.9) entspricht. Auſserdem ergibt der Satz zwei Werthe für die Empfindlichkeit in der oben angegebenen Weise.

Es werde noch darauf aufmerksam gemacht, daſs die Wanderung der Einstellungen zu den groſsen Zahlen nach jedem Lösen auch in vorstehendem

Satz von Ablesungen darin erkennbar ist, dafs das Decrement scheinbar gröfser ist, wenn 1. und 3. Umkehrpunkt bei kleinen Zahlen, als wenn sie bei grofsen liegen; die aufeinanderfolgenden Tripel ergeben:

1. und 3. Umkehrp. bei	kleinen	Zahlen;	Decrement:	4.0
" " "	grofsen	"	"	1.1
" " "	kleinen	"	"	3.1
" " "	grofsen	"	"	0.8

Dieser scheinbare Decrementunterschied in Folge der Nachwirkungserscheinung läfst sich fast bei allen definitiven Wägungen constatiren.

Sowohl die aus der veränderlichen Nachwirkung als auch die aus der Unsicherheit der Arretirung herrührenden Fehler würden sich voraussichtlich bedeutend vermindern lassen, wenn man nach dem Vorschlag von Hrn. J. H. Poynting, den er in seiner ersten Reihe von Wägungen ausgeführt hat[1], die Arretirung so vollzöge, dafs Balken und Schneiden dabei nicht entlastet würden. Diefs würde z. B. geschehen, wenn bei freischwingender belasteter Wage die Verbindungsstangen *vs* von der Seite her durch zwei Backen festgeklemmt würden. Nachdem diefs geschehen, könnten die Gewichte abgenommen und vertauscht werden, während gleichzeitig Balken und Schneiden in der einmal gewonnenen Durchbiegung bez. Zusammendrückung erhalten würden.

F. Verschiedene andere Einflüsse.

Durch die Veränderung der Berührungspunkte der Schneiden wirkt auch der Staub schädlich, der sich nie völlig vermeiden läfst. Häufiges Putzen der Wage war nicht angängig, da die durch den Aufenthalt eines Menschen im Zinkkasten verursachten Temperaturdifferenzen sich erst nach mehreren Tagen hinreichend ausglichen. Dadurch, dafs wir vor Beginn jeder Wägungsreihe die belastete Wage längere Zeit, mindestens 20 Minuten, frei schwingen liefsen, wurde die Schädlichkeit des Staubes jedenfalls ververmindert. Wiederholt blieb die Wage bei jahrelanger Benutzung in

---

[1] J. H. Poynting, Proc. Roy. Soc. London, vol. 28, 1878, p. 3/4 und 7/8.

gutem Zustande, wenn nur jedesmal nach einigen Monaten Schneiden und Pfannen vom Staub gereinigt wurden.

Wir erwähnen weiter die Beseitigung einer Fehlerquelle, welche zwar nur in der Besonderheit unserer localen Verhältnisse begründet ist, aber sich wie die bisherigen an der Wage selbst geltend macht. Bei den ersten Vorversuchen zeigte sich eine so starke Abnahme der Empfindlichkeit von Beginn einer Beobachtungsreihe an, dafs vor Ablauf einiger Stunden an zuverlässige Wägungen nicht zu denken war. Nachdem wir constatirt hatten, dafs die Erscheinung ihre Ursache in den von der Scale ausgehenden Lichtstrahlen haben müsse, erklärten wir sie uns folgendermafsen. Jene Strahlen fallen nur auf die Oberseite des Wagebalkens und des an ihm befestigten Spiegels. Es wird sich daher allmählich nach Beginn der Strahlung ein stationärer Zustand ausbilden, bei welchem die Oberseite des Balkens ein wenig wärmer ist als die Unterseite. Die Folge hiervon mufs eine Biegung des Wagebalkens sein in dem Sinne, dafs der Schwerpunkt nach unten rückt, also die Empfindlichkeit kleiner wird. Die störende Erscheinung verschwand, nachdem dicht über dem Wagebalken ein Diaphragma angebracht war, welches die Lichtstrahlen nur auf den Spiegel fallen liefs, und nachdem die Einrichtung getroffen war, dafs das Licht der Scale für gewöhnlich vollkommen abgeblendet war durch eine Blechklappe, die nur beim Ablesen der Umkehrpunkte der schwingenden Wage jedesmal für einige Secunden hochgezogen wurde.

Für den Einflufs von Erschütterungen auf die Wage haben wir eine Probe dadurch erhalten, dafs das Verbot artilleristischer Schiefsübungen auf unserm Bastion einmal in Folge Personenwechsels in den Commandostellen in Vergessenheit gerathen war, und solche eines Tages während freien Schwingens der Wage abgehalten wurden (8. II. 1892). Da doch schon mehrere Schüsse gefallen waren, ehe dieselbe arretirt werden konnte, wurde weiterhin der Einflufs der Schüsse auf die Einstellungen beobachtet; es zeigte sich, dafs die Ruhelage, während sie in den Pausen bis auf 0.1 Scalentheile constant blieb, nach einem Schufs bis zu 2 Scalentheilen sich veränderte. Nach diesem Vorfall zeigten dann weiterhin die vorher gut übereinstimmenden Wägungen schlechte Übereinstimmung; die Mittelschneide erschien mit der Lupe betrachtet wie durch einen leisen Schlag

angetrieben und mufste neu geschliffen werden. Man braucht dabei nicht daran zu denken, dafs die Mittelschneide geradezu durch die Stöfse von ihrem Lager abgehoben worden wäre, sondern eine starke Druckschwankung mit Überschreiten der Elasticitätsgrenze der schon ohnehin so stark beanspruchten Schneide genügt zur Erklärung.

Bei der Zusammenstellung der Tageswerthe der Empfindlichkeit der Wage über längere Zeiträume hin hat sich eine ziemlich starke Abhängigkeit derselben von der Temperatur herausgestellt. Von längeren Perioden, während deren an den Schrauben zur Regulirung der Empfindlichkeit nicht gestellt und auch sonst an der Wage nichts verändert wurde, liegen drei vor, für welche im Folgenden die Temperaturen und die von uns mit ω bezeichnete Gröfse, der Tageswerth eines Scalentheiles in Milligramm also das Reciproke der Empfindlichkeit, angegeben sind. Dabei sind die einzelnen Tageswerthe von ω gruppenweise zu Mitteln zusammengefafst und die Gruppen in erster Linie nach den Temperaturen, bei gleichmäfsig sich verändernden Temperaturen für möglichst gleiche Anzahl von Einzeltagen abgetheilt.

Zeit	Zahl der Tage	Temperatur	Mittelwerth von ω in mg 10^{-5}
	I. Periode.		
11.–13. X. 92.	3	11°7	3483
24. I.–18. II. 93.	7	5.0–6.3	3278
21. II.–14. III. 93.	6	6.5–6.7	3325
	II. Periode.		
18.–25. V. 93.	4	7°4–7°8	3229
26.–31. V. 93.	3	7.9	3245
6.–23. VI. 93.	4	8.0–8.5	3318
28. IX.–5. X. 93.	4	10.9–11.0	3618
7. u. 9. X. 93.	2	11.1	3650
10.–19. X. 93.	5	11.2	3714
24. u. 29. XI. 93.	2	9.8–9.7	3622
17. I.–14. II. 94.	3	7.3–7.7	3396
21.–28. II. 94.	4	7.3–7.2	3320
2. III.–11. IV. 94.	11	7.3–7.5	3389
21. VI.–23. VII. 94.	4	8.7–9.8	3503
4.–25. VIII. 94.	6	10.3–10.8	3582
4.–19. IX. 94.	7	11.0	3665
5.–22. XI. 94.	4	10.4–10.2	3707
3.–15. XII. 94.	3	9.8–9.2	3682
15.–26. I. 95.	6	8.1	3567
29. I.–9. II. 95.	5	7.6–6.6	3505
20. II.–7. III. 95.	7	6.1–6.3	3431

Zeit	Zahl der Tage	Temperatur	Mittelwerth von ω in mg 10^{-5}
	III. Periode.		
21. u. 24. VI. 95.	2	8°5—8°6	3597
2. u. 4. VII. 95.	2	9.1	3630
6. u. 10. VII. 95.	2	9.2	3645
15. u. 16. VII. 95.	2	9.4	3615
20. u. 22. VII. 95.	2	9.5—9.6	3682
25. u. 27. VII. 95.	2	9.7—9.8	3700
30. VII. u. 1. VIII. 95.	2	10.0	3740
14.—28. X. 95.	5	11.1—10.0	3775
29. X.—7. XII. 95.	5	9.9—9.1	3599
12. XII.—24. I. 96.	4	9.0—7.4	3534
28. I.—10. II. 96.	5	7.3—7.1	3508

Man erkennt sogleich die Zunahme von ω, also Abnahme der Empfindlichkeit $1/\omega$ mit steigender Temperatur; sie beträgt für das Temperaturintervall von 5° bis 12° etwa $^1/_{10}$ vom Ganzen. Die Erklärung dieses Verhaltens finden wir in der Annahme, daſs die Oberseite des Wagebalkens einen gröſsern thermischen Ausdehnungscoefficienten hat, als die Unterseite.

Eine Überschlagsrechnung zeigt, daſs dadurch in der That eine Wirkung von der beobachteten Gröſse erzeugt werden kann. Die Entfernung zwischen Spiegel und Scale betrug rund 5^{m}, der Ausschlag für 1^{mg} etwa 30^{mm}, die halbe Balkenlänge 117^{mm}, die Gesammtmasse von Balken, Gehängen und Gewichten rund 4000^{gr}; daraus folgt der Abstand des Schwerpunktes unter der Mittelschneide zu etwa $0^{mm}.01$.

Eine Balkenhälfte bilde ein Dreieck von der vertical stehenden Basis d, der oberen Seite l_1 und der unteren l_2. Dann beträgt die Senkung s der Spitze unter den Mittelpunkt der Basis $s = \frac{1}{2}(l_1^2 - l_2^2)/d$, und es wird, mit Rücksicht darauf, daſs l_1 und l_2 nahe gleich $= l$, die Änderung von s auf eine Temperaturerhöhung Δt gefunden: $\Delta s = \frac{l^2}{d}(\alpha_1 - \alpha_2)\,\Delta t$, wenn α_1 und α_2 die beiderseitigen Temperaturcoefficienten sind. Nun müſste für $\Delta t = 7°$ nach den obigen Beobachtungen $\Delta s = 0.001/10 = 0^{cm}.0001$ betragen. In die Formel ist einzusetzen $l = 11.7$ und $d =$ etwa 4^{cm}. Hieraus würde folgen $\alpha_1 - \alpha_2 = 0.0_64$.

Nach Lavoisier und Laplace beträgt $(\alpha_1 - \alpha_2)$ für gehämmertes gegen gegossenes Messing 0.0_623, nach Smeaton für gezogenes gegen gegossenes Messing 0.0_658. Der Werth 0.0_64 liegt zwischen diesen Zahlen. Die beobachtete Veränderung der Empfindlichkeit mit der Temperatur lieſse sich

also wohl in dieser Weise erklären. Freilich ist eine sehr extreme Differenz der Ausdehnungen dabei angenommen worden, dagegen aber auch ein anderer Umstand unbeachtet gelassen, welcher $(\alpha_1 - \alpha_2)$ vergröfsert. Der Obergurt wird durch die Belastung auf Zug, der Untergurt auf Druck beansprucht, der Ausdehnungscoefficient nimmt aber mit wachsender Spannung zu.

Unsere in vorstehendem Capitel mitgetheilten Erfahrungen hat Hr. Stückrath inzwischen schon zum Theil bei der Neuconstruction anderer Wagen mit gutem Erfolge benutzt.

Cap. IV. Gewichtstücke.

Die benutzten Gewichtstücke waren erstens Kilogrammkugeln, zweitens Hohlkugeln, drittens kleine Zulagegewichte. Alle Vorrichtungen zum festen Aufsetzen auf die Wageschalen sowie zum Transport bei den Vertauschungen waren der Kugelform angepafst. Bei den ersten provisorischen Wägungen benutzten wir Kugeln aus vergoldetem Messing. Diese zeigten, vermuthlich in Folge innerer Hohlräume, Volumdifferenzen von mehreren Kubikcentimetern und hätten dem Luftauftrieb einen zu grofsen Einflufs eingeräumt. Deshalb wurden für die definitiven Versuche drei neue Kilogrammkugeln angefertigt. Diese sind aus geschmiedeten vierkantigen Kupferstangen gedreht, geschliffen, polirt, dann auf galvanischem Wege mit einer starken Gold- resp. Platinschicht überzogen und schliefslich durch Abpoliren mittelst Putzkalks auf das Normalgewicht justirt worden. Ihre Massen und Volumina wurden im Bureau international des poids et mesures zu Breteuil im Jahre 1887 bestimmt durch Hrn. Thiesen, dem wir hierfür, wie für viele werthvolle Rathschläge zu gröfstem Danke verpflichtet sind. Die Bezeichnungen des Bureau international:

Sd (Sphère dorée), Vollkugel, ganz vergoldet,

Sp (Sphère platinée), Vollkugel, ganz platinirt,

Sm (Sphère moitié dorée), Vollkugel, halb vergoldet, halb platinirt haben wir beibehalten.

Die durch ein Certificat des Bureau uns mitgetheilten Constanten sind

	Masse in gr	Volumen bei 10° in cm³
Sd	1000.003259	112.452
Sp	1000.002522	112.418
Sm	1000.001882	112.425

Die ursprünglich nur für gesonderte Luftwägungen (Cap. VI B) bestimmten geschlossenen und durchbrochenen Hohlkugeln waren fürs erste aus je zwei Hemisphaeren getriebenen Kupfers zusammengelöthet und dann

galvanisch vergoldet bez. platinirt. Diese Stücke zeigten während der Massenbestimmung im Bureau international gröbere Veränderungen, die sich auch später dem Auge als Flecken verriethen: der Überzug von Edelmetall haftete nicht fest auf dem Kupfer. Deshalb wurden diese zu den definitiven Wägungen nicht benützt; vielmehr wurden in der Werkstatt von Sy & Wagner in Berlin vier Hohlkugeln aus Platin hergestellt, deren Volumina dem der Vollkugeln sehr nahe kamen. Sie waren ebenfalls aus je zwei Hälften zusammengesetzt, die nach Unterlage eines schmalen Gurtes aus Platinblech mit Gold zusammengelöthet wurden. Die Wandstärke betrug etwa $0^{mm}.2$. Zwei von diesen Hohlkugeln wurden mit 6 symmetrisch vertheilten kreisrunden Löchern durchbohrt, so dafs sie keinen abgeschlossenen Hohlraum mehr umgrenzten, sondern dem Luftauftrieb nur das geringe Volumen ihrer Wandungen darboten. Die beiden anderen dagegen mufsten vollkommen geschlossen sein, was dadurch geprüft wurde, dafs sie unter Wasser in die Glocke einer Luftpumpe gebracht wurden. Mehrmals perlten Luftblasen aus einzelnen Punkten der Lothnaht hervor, und die Kugeln mufsten von neuem unter die Stichflamme des Goldarbeiters gebracht werden, bis sie sich als vollkommen dicht erwiesen. Dann wurden sie von Hrn. Stückrath durch Abschleifen so justirt, dafs sie alle vier in Luft nahe dasselbe scheinbare Gewicht zeigten, und schliefslich von uns selbst bei der Kaiserlichen Normal-Aichungs-Commission genau bestimmt.

Die vier Stücke konnten an zufälligen Merkmalen unterschieden werden. Die eine der beiden geschlossenen Kugeln zeigte an der Lothnaht einen breiten Goldfleck und wurde bezeichnet *Hm* (Hohlkugel mit Fleck), die andere heifse *Ho* (ohne Fleck). Von den durchbrochenen Kugeln zeigte die eine (*Dm*) eine deutlich sichtbare goldene Lothnaht, die Naht der anderen (*Do*) war kaum zu erkennen.

Die Resultate der Bestimmungen sind:

	Mai—Juni 1890		November—December 1892	
	Masse (gr)	Volumen bei 10° (ccm)	Masse (gr)	Volumen bei 10° (ccm)
Hm	53.3175	112.856	53.3187	112.856
Ho	53.3175	113.155	53.3176	113.155
Dm	53.1761	2.493	53.1749	2.504
Do	53.1754	2.509	53.1749	2.518

Der bedeutende Massenüberschufs der geschlossenen gegenüber den durchbrochenen Kugeln hat seinen Grund darin, dafs die Stücke so justirt waren, dafs sie sich auf einer Wage in Luft nahezu das Gleichgewicht

hielten. Der Auftrieb vermindert dann das Gewicht der *H*, während die *D* nur einem sehr geringen Auftrieb unterliegen.

Am 30. Juni 1893 wurde durch einen Fehler bei der Handhabung des Vertauschungsmechanismus die Kugel *Hm* heruntergeworfen und beschädigt, am 20. Juli desselben Jahres ereilte die *Ho* ein ähnlicher Unfall. Die dadurch verursachten Volumveränderungen machten eine Neubestimmung nöthig, welche in dem Arbeitszimmer des Hrn. Stückrath auf einer hydrostatischen Wage unter Benutzung angeschlossener Normalgewichte, sorgfältig destillirten Wassers und unseres einen Normalthermometers ausgeführt wurde. Dabei fanden sich folgende neue Werthe:

Hm	53.3126 gr	112.220 ccm
Ho	53.3143 »	112.911 »

Gleich an dieser Stelle sei erwähnt, dafs zur Berechnung der Wägungen die Massen weder der Kilogramme noch der Hohlkugeln verwendet werden, da sie sich im Resultat herausheben. Die Massen der geschlossenen und durchbrochenen Hohlkugeln werden nur benutzt bei den Berechnungen der anfangs regelmäfsig ausgeführten Luftwägungen, welche aber keine Bedeutung für das Hauptresultat der Arbeit erlangt haben.

Die Zulagegewichte waren aus Aluminiumdraht von verschiedener Stärke geschnitten und ähnlich den bekannten Reitern in solche Formen gebogen: ⊓, die den im vorigen Capitel beschriebenen Einrichtungen für das Aufsetzen und Abheben angepafst waren. Die beiden horizontalen Drahtstrecken legten sich beim Aufsetzen in die beiden Kerben der an den Gehängen angebrachten Sättel (*m* Taf. IV Seitenansicht), der in der Mitte befindliche Buckel wurde beim Abheben von der Kerbe des betreffenden Hebels (*i* auf derselben Zeichnung) gefafst. Ursprünglich waren die festen Drehpunkte der Hebel an dem hölzernen Wagekasten angebracht; dieser mufs aber im Laufe der Zeit bei der wechselnden Feuchtigkeit kleine Formverzerrungen erfahren haben, denn die Hebel hatten nicht mehr die richtige Stellung zu den Sätteln. Ferner wurden anfangs die Hebel vom Platz des Beobachters aus durch Fadenübertragungen regiert; diese etwa 3^m langen gespannten Fäden veränderten aber ihre Länge je nach der Feuchtigkeit der Luft und gaben dadurch den Hebeln zu hohe oder zu tiefe Stellung. Diese Unvollkommenheiten verursachten häufige Störungen und auch den Verlust mehrerer Reiter. Später wurden unter den Gehängen Fangnetze

angebracht, zugleich auch die Hebelträger von dem Wagekasten gelöst und starr mit der Säule der Wage verbunden, und endlich die Fäden durch Aluminiumdrähte ersetzt. Seit Einführung dieser Verbesserungen kurz vor Aufbau des Bleiklotzes im Jahre 1892 kamen keine Unregelmäfsigkeiten mehr vor.

Auf beiden Seiten der Wage konnten je 6 Zulagegewichte aufgesetzt werden, welche die Seitenschneiden mit ihrem vollen Gewicht belasteten. Die runden Werthe ihrer Massen betrugen in Milligrammen

0.8 1 1.4 3 9 27.

Durch diese Auswahl war die Möglichkeit gegeben, als Zulage jedes gewünschte Vielfache von $0^{mg}.2$ herzustellen. Es waren anfangs drei Sätze solcher Zulagegewichte für die definitiven Wägungen hergestellt und im Bureau international durch Hrn. Kreichgauer bestimmt worden. Die Stücke des einen Satzes waren ohne Merkmal und wurden durch den Index o an der Nominalzahl bezeichnet (z. B. 0.8_0). Der andere Satz war durch Plattschlagen des einen Drahtendes unterschieden (Bezeichnung 0.8.), der dritte durch Plattschlagen beider Enden (Bezeichnung 0.8..). Als wahre Massen in mg wurden gefunden:

0.8_0 =	0.8024[1]	0.8. =	0.8041	0.8.. =	0.8073
1_0 =	1.0046[1]	1. =	1.0016	1.. =	1.0110
1.4_0 =	1.4173	1.4. =	1.4107	1.4.. =	1.4131
3_0 =	2.9995	3. =	3.0172	3.. =	3.0148
9_0 =	9.0015	9. =	9.0114	9.. =	9.0140
27_0 =	26.9674	27. =	26.9700	27.. =	27.0039

Als Ersatz für verlorene oder zerbrochene Stücke wurden nachträglich noch folgende Reiter angefertigt und zum Theil bei den definitiven Wägungen benutzt: 0.8_0 und 1_0 ohne Abzeichen, $1_\smile$ mit einem, ${}_\smile 1_\smile$ mit zwei umgebogenen Enden, 3_- mit einer plattgeschlagenen Stelle in der Mitte des einen Schenkels, $3_=$ mit zwei Platten auf einem Schenkel, ${}_-3_-$ mit je

---

[1] Der in Breteuil bestimmte Reiter 0.8_0 gieng Ende Mai 1891 verloren, wurde aber im April 1893 wiedergefunden und bei den Wägungen vom 6. bis 10. April 1893 benutzt. Dann fiel er abermals herab und blieb bis zu seiner Auffindung nach Schlufs der Arbeit unbenutzt. Wir haben nachher die Schenkel desselben zum Unterschiede von dem als Ersatz angefertigten 0.8_0 rechtwinkelig geknickt und ihn mit $0.8_\llcorner$ bezeichnet. Der Breteuiler Reiter 1_0 zerbrach vor Beginn der definitiven Wägungen, so dafs eine Verwechselung mit dem Ersatz 1_0 ausgeschlossen war.

einer Platte auf beiden Schenkeln, endlich 27_- und $_-27_-$ mit denselben Abzeichen wie bei den 3^{mg}-Stücken. Diese neuen Reiter wurden auf einer im Besitze des Hrn. Stückrath befindlichen Spitzenwage, welche zur Bestimmung so kleiner Massen ausreichende Empfindlichkeit besitzt, mit den noch vorhandenen an das Normal angeschlossenen Reitern verglichen. Als wahre Werthe wurden gefunden (mg):

$0.8_\circ = 0.8202$	${}_\cup 1_\cup = 1.0115$	$-3- = 3.0148$
$1_\circ = 1.0110$	$3_- = 3.0111$	$27_\div = 27.0284$
$1_\cup = 1.0160$	$3_= = 3.0251$	$-27- = 27.0141$

Cap. V. Methoden der Wägungen.

A. Wägungen mit verticaler Vertauschung.

Die ursprünglich geplante Methode, nach welcher die Differenz der Beschleunigungen am Orte der oberen und unteren Schalen durch directen verticalen Transport der Kugeln während einer und derselben Wägungsreihe bestimmt werden sollte, haben wir bereits in der Einleitung erwähnt. Obwohl sie keine zuverlässigen Resultate lieferte, soll doch die Theorie dieser Wägungsweise hier zuerst behandelt werden, da sie unter ausnahmsweisen Temperaturverhältnissen doch zur Ausführung kam.

Wir bezeichnen die Massen der beiden angewandten Kilogrammkugeln mit M unter Hinzufügung eines individuellen Index; die Massen der beiden zur Compensirung des Luftauftriebes dienenden Hohlkugeln werden entsprechend durch m ausgedrückt; die Volumina der Vollkugeln sind durch V und die nahezu gleichen der Hohlkugeln durch $\mathfrak{V}$ gekennzeichnet, die Luftdichte oben und unten ist d_o und d_u. Die links und rechts zur Aequilibrirung dienenden Zulagen sind z_l und z_r, die dadurch bewirkte Einstellung der Wage ist durch den Scalentheil e charakterisirt. Der Werth eines Scalentheiles in Milligrammen sei ω; und die Beschleunigung zunächst bei Abwesenheit des Bleiklotzes am Orte der oberen und unteren Schalen sei g_o bez. g_u.

Die Scala zählt in dem Sinne, dafs eine Mehrbelastung der linken Schalen die Einstellung nach den gröfseren Zahlen treibt. Bezeichnen wir endlich noch die für das Resultat gleichgültige Einstellung der unbelasteten Wage mit e_0 (Nullpunkt), so können wir als Princip für die aufzustellenden Gleichungen den Satz aussprechen:

Die gesammte links angreifende Kraft weniger der rechts angreifenden Kraft entspricht $(e - e_o)$ ausgedrückt in Milligrammgewicht, ist also gleich $(e - e_o)\,\omega \cdot g_o$.

Um die Stellung der Kugeln während einer Wägung kurz bezeichnen zu können, wollen wir ihre Symbole in die vier Fächer eines Kreuzes eintragen; die Bedeutung dieser Fächer ist:

obere Schale links	obere Schale rechts
untere Schale links	untere Schale rechts

Bei der Methode der verticalen Vertauschungen bleiben die links befindlichen Kugeln immer links, ebenso rechts; wir werden daher die Vollkugeln als M_l und M_r, die Hohlkugeln als m_l und m_r unterscheiden können. Machen wir nun zwei Wägungen mit folgenden Stellungen:

I.

$M_l + z_l^{\mathrm{I}}$	$m_r + z_r^{\mathrm{I}}$
m_l	M_r

Einstellung e^{I}

II.

$m_l + z_l^{\mathrm{II}}$	$M_r + z_r^{\mathrm{II}}$
M_l	m_r

Einstellung e^{II},

so erhalten wir folgende zwei Gleichungen:

$$\text{I.}\quad [(M_l - V_l d_o + z_l^{\mathrm{I}})g_o + (m_l - \mathfrak{V}_l d_u)g_u] - [(m_r - \mathfrak{V}_r d_o + z_r^{\mathrm{I}})g_o + (M_r - V_r d_u)g_u] = (e^{\mathrm{I}} - e_o)\omega g_o,$$

$$\text{II.}\quad [(M_l - V_l d_u)g_u + (m_l - \mathfrak{V}_l d_o + z_l^{\mathrm{II}})g_o] - [(m_r - \mathfrak{V}_r d_u)g_u + (M_r - V_r d_o + z_r^{\mathrm{II}})g_o] = (e^{\mathrm{II}} - e_o)\omega g_o,$$

aus denen durch Subtraction zur Elimination von e_o und durch Zusammenfassung nach g_o und g_u folgt:

$$g_o\{M_l + M_r - m_l - m_r - (V_l + V_r - \mathfrak{V}_l - \mathfrak{V}_r)d_o + (z_l - z_r)^{\mathrm{I}} - (z_l - z_r)^{\mathrm{II}} - (e^{\mathrm{I}} - e^{\mathrm{II}})\cdot\omega\} = g_u\cdot\{M_l + M_r - m_l - m_r - (V_l + V_r - \mathfrak{V}_l - \mathfrak{V}_r)d_u\}.$$

Somit ist $\frac{g_u}{g_o}$ bekannt, und wir können daraus bilden:

$$\frac{g_u - g_o}{g_u + g_o} = \frac{(V_l + V_r - \mathfrak{V}_l - \mathfrak{V}_r)(d_u - d_o) + (z_l - z_r)^{\mathrm{I}} - (z_l - z_r)^{\mathrm{II}} - (e^{\mathrm{I}} - e^{\mathrm{II}})\cdot\omega}{2(M_l + M_r - m_l - m_r)} \qquad (1.)$$

In dieser Gleichung sind im Nenner alle Summanden unterdrückt, welche sehr klein gegen die grofsen Massen der Kugeln sind. Der Zähler stellt nämlich eine Gröfse dar, welche etwas über 1^{mg} beträgt; da nun die Genauigkeit der Wägung höchstens bis auf $0^{\mathrm{mg}}.01$ getrieben werden kann, so sind nur drei

Ziffern desselben verbürgt. Es genügt daher auch im Nenner eine gleiche Zahl von Stellen, d. h. ein ganz roher Werth der Massen. Ebenso kann man $g_u + g_o = 2g$ setzen und für g die auf die Breite von Spandau bezogene Beschleunigung der Schwerkraft nehmen.

In $g_u - g_o$ tritt daher zunächst ein Factor von ein für allemal feststehendem Zahlenwerth auf. Derselbe ist $g/(M + M - m - m)$, oder wenn wir für $M - m$, die Masse einer Kilogrammkugel vermindert um die Masse einer Hohlkugel, den Buchstaben $\mathfrak{M}$ und die Werthe

$$\mathfrak{M} = 946685^{\text{mg}} \qquad g = 981.27 \, \frac{\text{cm}}{\text{sec}^2}$$

einführen:

$$\frac{g}{M + M - m - m} = \frac{g}{2\mathfrak{M}} = 0.0_3 5183 \, \frac{\text{cm}}{\text{sec}^2 \cdot \text{mg}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2.)$$

Der andere Factor, Zähler der Gleichung (1.), stellt die doppelte Abnahme des Gewichts der Masse $\mathfrak{M}$ für die betreffende Höhendifferenz dar, ausgedrückt in Milligramm, und gewährt eine bessere Anschauung als der Werth $g_u - g_o$ selbst. Es ist also:

$$g_u - g_o = 0.0_3 5183 \cdot \{(V_l + V_r - \mathfrak{B}_l - \mathfrak{B}_r)(d_u - d_o) + (z_l - z_r)^{\text{I}} - (z_l - z_r)^{\text{II}} - (e^{\text{I}} - e^{\text{II}}) \cdot \omega\} \quad (3.)$$

Somit ist gezeigt, wie man aus einer einzigen nach der angegebenen Methode angestellten Beobachtungsreihe den Werth von $g_u - g_o$ ermitteln kann, ohne den Werth der grofsen Massen genau zu kennen.

Vorstehende Ansätze gelten für die Wägungen bei Abwesenheit des Bleiklotzes.

Die analoge Gleichung für die Wägungen mit Bleiklotz läfst sich unmittelbar hinschreiben. Die verticale Componente der Beschleunigung, welche die Attraction des Bleiklotzes am Orte der oberen Gewichtsstücke hervorruft, werde k_o genannt; dieselbe Componente für den Ort der unteren Gewichtskugeln k_u, und zwar soll für beide der absolute Werth genommen werden; k_o und k_u sind deshalb nicht gleich, weil obere und untere Kugeln nicht gleich weit vom Bleiklotz entfernt sind. Die gesammte verticale Beschleunigung auf die oberen Gewichte ist jetzt $g_o + k_o$, auf die unteren $g_u - k_u$. An Stelle von $g_u - g_o$ tritt daher bei den Wägungen mit Bleiklotz die Gröfse $g_u - g_o - (k_u + k_o)$, und diese ist dann der rechten Seite der obigen Gleichung (3.) gleichzusetzen.

B. Wägungen mit horizontaler Vertauschung.

Aus Gründen, welche in Cap. VII besprochen werden sollen, konnte jene ursprünglich geplante Methode keine zuverlässigen Resultate liefern; an ihre Stelle trat bei den definitiven Versuchen folgende, wesentlich veränderte Methode, deren Sinn wir zuerst kurz in Worten angeben wollen.

An einem ersten Wägungstage befinden sich zu Anfang die beiden Kilokugeln auf den Wageschalen links oben und rechts unten; es werden dann gewöhnliche Gaufs'sche Doppelwägungen mit horizontaler Umsetzung der Massen angestellt. Die sich hieraus als Resultat ergebende Gewichtsdifferenz rührt her von der Differenz der beiden Massen und der Differenz der Schwerkraft oben und unten. Letztere könnte man schon aus einer solchen Wägungsreihe berechnen, wenn die Massendifferenz anderweitig bekannt wäre, was aber mit der erforderlichen Sicherheit nicht möglich ist. Daher wird am Schlufs eines solchen ersten Wägungstages die oben befindliche Masse nach unten, die unten befindliche nach oben gebracht, und man führt an einem zweiten Wägungstage wiederum Doppelwägungen mit Vertauschung in gleichem Niveau aus. Die aus ihnen resultirende Gewichtsdifferenz rührt ebenfalls von denselben beiden Differenzen her; während aber diejenige der Massen unverändert geblieben ist, hat die der Schwere durch die Umsetzung von oben nach unten ihr Zeichen gewechselt. Subtrahirt man daher die Resultate zweier solcher Wägungstage, so erhält man die doppelte Abnahme der Schwere mit der Höhe, während die Massendifferenz sich weghebt. Durch die Anwesenheit des Bleiklotzes erscheint dann wieder die Abnahme der Schwerebeschleunigung von unten nach oben um die doppelte Attraction (genauer um $k_o + k_u$) vermindert. Die Combination zweier Wägungstage mit ganz denselben Anfangsstellungen und Vertauschungen der Massen, wie ohne Bleiklotz, ergibt daher jetzt auch wieder statt der doppelten Abnahme der Schwere mit der Höhe ein um die vierfache Attraction des Bleiklotzes vermindertes Resultat.

Wir wollen nun die Theorie dieser bei den definitiven Versuchen angewandten Methoden ausführen und betrachten zu dem Zwecke zunächst eine einzelne Wägungsreihe ohne Bleiklotz mit Vertauschung von rechts und links. Die oben befindlichen Kugeln bleiben dabei oben, die unteren unten, wir können daher die beiden Vollkugeln durch die Bezeichnungen M_o und

M_u, die Hohlkugeln durch m_o und m_u unterscheiden. Die beiden vorkommenden Stellungen sind:

$$\text{I.}\quad \frac{M_o+z_l^{\mathrm{I}}}{m_u}\left|\frac{m_o+z_r^{\mathrm{I}}}{M_u}\right. \text{ Einstellung } e^{\mathrm{I}}, \qquad \text{II.}\quad \frac{m_o+z_l^{\mathrm{II}}}{M_u}\left|\frac{M_o+z_r^{\mathrm{II}}}{m_u}\right. \text{ Einstellung } e^{\mathrm{II}},$$

aus denen man folgende Gleichungen ablesen kann:

$$\text{I.}\quad (M_o-V_od_o+z_l^{\mathrm{I}})g_o+(m_u-\mathfrak{B}_ud_u)g_u-[(m_o-\mathfrak{B}_od_o+z_r^{\mathrm{I}})g_o+(M_u-V_ud_u)g_u] = (e^{\mathrm{I}}-e_o)\,\omega\cdot g_o,$$

$$\text{II.}\quad (m_o-\mathfrak{B}_od_o+z_l^{\mathrm{II}})g_o+(M_u-V_ud_u)g_u-[(M_o-V_od_o+z_r^{\mathrm{II}})g_o+(m_u-\mathfrak{B}_ud_u)g_u] = (e^{\mathrm{II}}-e_o)\,\omega\cdot g_o.$$

Durch Subtraction der zweiten von der ersten und Zusammenfassung nach g_o und g_u erhält man

$$g_o\{2(M_o-m_o)-2(V_o-\mathfrak{B}_o)d_o+(z_l-z_r)^{\mathrm{I}}-(z_l-z_r)^{\mathrm{II}}-(e^{\mathrm{I}}-e^{\mathrm{II}})\,\omega\} = g_u\{2(M_u-m_u)-2(V_u-\mathfrak{B}_u)d_u\}.$$

Hieraus ergibt sich ein Ausdruck für $\frac{g_u}{g_o}$, aus dem folgt:

$$\frac{g_u-g_o}{g_u+g_o} = \frac{2[M_o-M_u-m_o+m_u-(V_o-\mathfrak{B}_o)d_o+(V_u-\mathfrak{B}_u)d_u]+(z_l-z_r)^{\mathrm{I}}-(z_l-z_r)^{\mathrm{II}}-(e^{\mathrm{I}}-e^{\mathrm{II}})\,\omega}{2(M_o+M_u-m_o-m_u)}. \tag{4.}$$

Man macht dann nach Schlufs der eben betrachteten Wägungsreihe eine Vertauschung der beiden Vollkugeln unter einander und der beiden Hohlkugeln unter einander, also eine Vertauschung schräg über Kreuz, d. h. zwischen links oben und rechts unten, sowie zwischen rechts oben und links unten, und stellt dann frühestens am nächsten Tage, nachdem sich die Temperaturen ausgeglichen haben, eine ebensolche Wägungsreihe mit horizontaler Vertauschung an.

Aus der zweiten Wägungsreihe erhalten wir eine ganz ebensolche Gleichung für $\frac{g_u-g_o}{g_u+g_o}$, wir wollen die auf diese Reihe bezüglichen Gröfsen mit einem Strich bezeichnen; dann ist:

$$\frac{g_u-g_o}{g_u+g_o} = \frac{2[M_o'-M_u'-m_o'+m_u'-(V_o'-\mathfrak{B}_o')d_o'+(V_u'-\mathfrak{B}_u')d_u']+(z_l-z_r)^{\mathrm{I}'}-(z_l-z_r)^{\mathrm{II}'}-(e^{\mathrm{I}'}-e^{\mathrm{II}'})\,\omega'}{2(M_o'+M_u'-m_o'-m_u')}. \tag{4'.}$$

Wegen der zwischen beiden Tagen vorgenommenen Kreuzvertauschung gelten folgende Identitäten:

$$M_o'\equiv M_u,\; M_u'\equiv M_o,\; m_o'\equiv m_u,\; m_u'\equiv m_o\,^{1},$$

[1] Für die Volumina gelten solche Identitäten nicht wegen der veränderten Temperaturen.

und man erkennt daraus sofort, dafs sich bei einer Addition der aus beiden Reihen abgeleiteten Gleichungen die grofsen Massen im Zähler wegheben; die Nenner sind identisch, und man erhält unter Benutzung des Factors (2) folgenden Ausdruck:

$$g_u - g_o = 0.0_3 5183 \left\{ \begin{array}{l} \quad [-(V_o - \mathfrak{V}_o) d_o + (V_u - \mathfrak{V}_u) d_u] + \tfrac{1}{2}[(z_l - z_r)^{\mathrm{I}} - (z_l - z_r)^{\mathrm{II}} - (e^{\mathrm{I}} - e^{\mathrm{II}})\omega] \\ + [-(V_o' - \mathfrak{V}_o') d_o' + (V_u' - \mathfrak{V}_u') d_u'] + \tfrac{1}{2}[(z_l - z_r)^{\mathrm{I}'} - (z_l - z_r)^{\mathrm{II}'} - (e^{\mathrm{I}'} - e^{\mathrm{II}'})\omega'] \end{array} \right\}. \quad (5.)$$

Wie man sieht, gehen die auf beide Wägungsreihen bezüglichen Gröfsen getrennt von einander und in ganz gleicher Form in das Resultat ein, so dafs man aus jeder einzelnen Wägungsreihe die zur Bildung des Zählers von $g_u - g_o$ nöthigen Ausdrücke getrennt berechnen kann. Der eine Ausdruck, den wir mit α bezeichnen, ergibt sich direct aus den Daten der Wägung und lautet:

$$\alpha = \tfrac{1}{2}[(z_l - z_r)^{\mathrm{I}} - (z_l - z_r)^{\mathrm{II}} - (e^{\mathrm{I}} - e^{\mathrm{II}}) \cdot \omega],$$

der andere enthält den durch die kleinen Ungleichheiten der Volumina bedingten Luftauftrieb und werde bezeichnet mit:

$$\Phi = -(V_o - \mathfrak{V}_o) d_o + (V_u - \mathfrak{V}_u) d_u.$$

Man kann dann den Zähler von $g_u - g_o$ stets zusammensetzen aus

$$\alpha + \alpha' + \Phi + \Phi',$$

und diese Summe ist wieder (wie oben der Zähler der Gleichung (1.)) die doppelte Abnahme des Gewichtes der Masse $\mathfrak{M}$ (rund 947^{gr}) für die betreffende Höhendifferenz.

Für die Wägungen mit Bleiklotz tritt an Stelle der linken Seite von (5.) wieder $g_u - g_o - (k_u + k_o)$, und die eben angegebene anschauliche Definition des Wägungsresultates ($\Sigma\alpha + \Sigma\Phi$) zweier Tage kann man beibehalten, wenn unter Gewicht dabei die Superposition der irdischen Schwere und der Attractionswirkung der Bleimasse verstanden wird. Jene doppelte Abnahme mit zunehmender Höhe beträgt ohne Bleiklotz etwa $+1^{\mathrm{mg}}.25$, mit Bleiklotz dagegen $-0^{\mathrm{mg}}.12$, d. h. sie wird durch die Massenanziehung um ein weniges übercompensirt.

C. Einzelheiten der Ausführung.

Wie eine Einstellung der Wage, entsprechend der im vorstehenden mit I oder der mit II bezeichneten Wägung, bestimmt wird, ist in Cap. III, »Wage«, S. 35 auseinandergesetzt; jede solche Bestimmung ergab zugleich

einen oder mehrere Werthe für die Empfindlichkeit oder ihren reciproken Werth ω: den Werth eines Scalentheiles in Milligrammen. Die durch I und II bezeichneten Wägungen wurden in abwechselnder Reihenfolge mehrfach, meist bis zu 5 Wägungen an jedem Tage, wiederholt, wobei I gleich III gleich V, und II gleich IV war; durch Nehmen des Mittels aus den gleichbedeutenden Einstellungen wurden langsame Wanderungen nach Möglichkeit eliminirt, und der in der vorstehenden Theorie mit $e^{I} - e^{II}$ bezeichnete Werth ist in Wahrheit

$$\tfrac{1}{3}\{[\tfrac{1}{2}(e^{I} + e^{III}) - e^{II}] + [e^{III} - \tfrac{1}{2}(e^{II} + e^{IV})] + [\tfrac{1}{2}(e^{III} + e^{V}) - e^{IV}]\}.$$

Da die Einstellungen immer aus 3 Umkehrpunkten unmittelbar nach dem Lösen der Arretirung berechnet werden, so ist auch für die Empfindlichkeit ein solcher Werth mafsgebend, der durch Änderung der Zulage mit zwischenliegendem Arretiren bestimmt wird, wie diefs in dem angeführten Beispiel von S. 35 geschieht. Wie in jenem Capitel auseinandergesetzt, leidet aber dadurch die einzelne Bestimmung der Empfindlichkeit an Sicherheit. Damit diese Unsicherheit einen möglichst geringen Einflufs hat, sind die beiden Einstellungen e^{II} und e^{I} durch passende Wahl der Zulagegewichte möglichst nahe an einander zu legen. Der Tageswerth von ω wird aus sämmtlichen Einzelbestimmungen der Empfindlichkeit bei allen Wägungen I—V ermittelt.

Nach diesen Bemerkungen läfst sich die ganze Anordnung und Berechnung der Wägungen eines Tages vollständig verstehen, an welchem alles genau in der vorgeschriebenen und in der einfachsten Weise ausgeführt wurde. Auf folgender Seite ist dazu ein Paradigma gegeben.

Um die Möglichkeit eines einseitigen Einflusses thunlichst zu vermeiden, wurde bei etwa der Hälfte der Wägungstage zum Schlufs durch Verticalvertauschung nicht die mit I, sondern die mit II bezeichnete Stellung hergestellt, so dafs der nächste Wägungstag mit dieser begann. Für solche Reihen mit »verkehrter Anfangsstellung« ist dann das Vorzeichen von α umzukehren.

Bei manchen Reihen wurde etwa bei III oder V, für welche Stellung die Zulagegewichte dieselben sein sollten wie bei I, mit diesen gewechselt, um eine passendere Einstellung zu erzielen. Die Einstellung für die abweichende Aequilibrirung wurde dann mit Hülfe des Tageswerthes der Empfindlichkeit auf die den anderen gleiche Aequilibrirung umgerechnet.

4. Juli 1895. Protokollbuch Nr. XXI.

Wägungen ohne Bleiklotz. Anfangsstellung $\dfrac{Sm}{Ho}\Big|\dfrac{Hm}{Sd}$

Horizontalvertauschungen.

Umkehrpunkte und Reitergewichte.

I	II	III	IV	V
473.7 503.3 474.8	477.0 502.8 478.0	475.1 504.7 476.5	478.1 503.3 479.0	478.4 502.8 479.5
518.0 504.1 518.2	523.1 504.0 523.3	521.9 503.6 522.1	522.2 504.1 522.5	518.9 503.5 519.1
475.9 504.0 476.8	479.9 503.2 480.5	477.8 503.1 478.7	477.8 504.8 478.6	476.3 504.2 477.3
520.4 503.6 520.6	526.8 503.6 526.8	523.6 503.4 523.7	522.6 504.0 522.7	528.7 501.5 528.5
l $9_\circ$+1.4.+1. r 0.8..+$3_=$	l 3_-+1.4. r 0.8..+$1_\cup$	l $9_\circ$+1.4.+1. r 0.8..+$3_=$	l 3_-+1.4. r 0.8..+$1_\cup$	l $9_\circ$+1.4.+1. r 0.8..+$3_=$
l $9_\circ$+1.4.+1. r $3_=$	l 3_-+1.4. r $1_\cup$	l $9_\circ$+1.4.+1. r $3_=$	l 3_-+1.4. r $1_\cup$	l $9_\circ$+1.4.+1. r $3_=$

Empfindlichkeit.

Reiter	= mg	mal	Multiplum	Scalentheile
0.8..	0.8073	10	8.073	218.72

$$\omega = 0.03691 \frac{\text{mg}}{\text{Sc. Th.}}$$

$$\frac{\omega}{2} = 0.01845 \frac{\text{mg}}{\text{Sc. Th.}}$$

Einstellungen.

	Zeit	e		$e^{\text{II}}-e^{\text{I}}$
I	$10^h 15^m$	500.53		
II	40	502.41	501.17	1.24
III	11 5	501.81	502.33	0.52
IV	30	502.24	501.87	0.37
V	55	501.92	Mittel = +0.71 Sc. Th.	

Zulage.

	z_l	z_r	$z_l - z_r$
I	$9_\circ$ = 9.0015	$3_=$ = 3.0251	
III	1.4. = 1.4107	$\frac{1}{2}$0.8..	
V	1. = 1.0016		8.3887
II	3_- = 3.0111	$1_\cup$ = 1.0160	
IV	1.4. = 1.4107	$\frac{1}{2}$0.8..	3.4058

$$(z_l - z_r)^{\text{I}} - (z_l - z_r)^{\text{II}} = +4^{\text{mg}}.9829$$

$$\tfrac{1}{2}\left[(z_l - z_r)^{\text{I}} - (z_l - z_r)^{\text{II}}\right] = 2.4915$$

$$\left(e^{\text{II}} - e^{\text{I}}\right) \cdot \frac{\omega}{2} = 0.0131$$

$$\alpha = +2^{\text{mg}}.5046$$

Da das Fernrohr nicht vollkommen isolirt vom Vertauschungsmechanismus aufgestellt war, wurde der am Fadenkreuz erscheinende Theilstrich bei arretirter Wage beständig controlirt. Es traten kleine Verschiebungen des so gegebenen »Nullpunkts« von einigen Zehntel Scalentheilen auf, für welche dann jedesmal die Correction an die direct ermittelten Einstellungen angebracht wurde.

Endlich ist noch zu erwähnen, dafs das System der einzelnen Operationen erst in der Zeit von August 1891 bis Februar 1892 vollständig ausgebildet wurde, so dafs bis dahin anfangs gröfsere, später immer geringere Abweichungen von den auseinandergesetzten Regeln stattfanden. Übrigens gehören die Reihen mit wesentlichen Abweichungen von den Vorschriften auch alle in die Kategorie der »minderwerthigen«, wovon in Cap. VII gehandelt wird.

Die Gröſse, welche sich bei den Verticalvertauschungen aus einem Beobachtungstage direct aus den Wägungen ergibt, ist nach Gleichung (3.):

$$(z_l - z_r)^{\mathrm{I}} - (z_l - z_r)^{\mathrm{II}} - (e^{\mathrm{I}} - e^{\mathrm{II}})\, \omega$$

und entspricht der aus zwei Tagen mit Horizontalvertauschungen hervorgehenden Summe $(\alpha + \alpha')$.

Hiernach kann auch aus den Protokollen der nicht in der einfachsten Weise oder nicht streng nach der Norm ausgeführten Wägungsreihen, von welchen die abgelesenen Umkehrpunkte alle im zweiten Theile dieser Publication angegeben sind, ohne weiteres das jedesmalige Resultat berechnet werden.

Cap. VI.

A. Der Auftrieb der Luft.
B. Über Bestimmung der Luftdichtigkeit durch Wägungen.

A. Der Auftrieb der Luft.

In dem Wägungsresultat jedes einzelnen Beobachtungstages tritt ein Ausdruck von folgender Form auf:

$$\Phi = (V_u - \mathfrak{V}_u)d_u - (V_o - \mathfrak{V}_o)d_o\,,$$

welcher zusammengesetzt ist aus den durch die vier Kugeln verdrängten Luftmassen. Die vier Volumina der benutzten Kugeln hängen ab von den Temperaturen ϑ_u (unten) und ϑ_o (oben). Da die Normalvolumina für 10° C. angegeben wurden und auch diese Temperatur dem Mittelwerth der im Beobachtungsraum herrschenden Temperatur näher liegt als der Eispunkt, so soll im Interesse kleinerer Zahlen im folgenden ϑ von 10° aus als Nullpunkt gezählt werden. (Für 8° C. z. B. ist also in diesem Capitel zu setzen $\vartheta = -2$.) Die Normalvolumina der auf den oberen Schalen benutzten Kugeln seien V_1 (Vollkugel), $\mathfrak{V}_1$ (Hohlkugel), auf den unteren Schalen befinden sich Kugeln vom Normalvolumen V_2 und $\mathfrak{V}_2$. Diese Bezeichnungen können wir zugleich als Eigennamen der einzelnen Kugeln verwenden.

Als thermischer Ausdehnungscoefficient ist für die kupfernen Vollkugeln $\alpha = 0.0_4 51$, für die platinenen Hohlkugeln $\beta = 0.0_4 27$ zu setzen. Es ist dann:

$$V_o = V_1 + V_1\alpha\vartheta_o\,,\ \ \mathfrak{V}_o = \mathfrak{V}_1 + \mathfrak{V}_1\beta\vartheta_o\,,\ \ V_u = V_2 + V_2\alpha\vartheta_u\,,\ \ \mathfrak{V}_u = \mathfrak{V}_2 + \mathfrak{V}_2\beta\vartheta_u \quad (6.)$$

Die Luftdichtigkeit d berechnet man aus dem Luftdruck b^{mm} Quecksilber, der Temperatur ϑ und der relativen Feuchtigkeit w (echter Bruch) nach folgender Formel:

$$d = 1.293 \cdot \frac{b - 0.3782 \cdot e}{\left(1 + 0.0_2 367 \cdot (10 + \vartheta)\right) \cdot 760}\ \frac{\mathrm{mg}}{\mathrm{cm}^3} \ldots\ldots \quad (7.)$$

wobei zu setzen ist:

$$e = 0.943 \cdot \left(1 + 0.0_2 367 \cdot (10 + \vartheta)\right) \cdot \{9.34 + 0.61\vartheta + 0.021\vartheta^2\} \cdot w. \quad (8.)$$

Für b, ϑ, w sind die am Ort der Bestimmung geltenden Werthe zu setzen.

Die geschweifte Klammer der letzten Gleichung enthält eine empirische Formel für die in einem Cubikmeter enthaltene Menge gesättigten Wasserdampfes in Grammen; sie schliefst sich innerhalb des bei unseren Messungen zu berücksichtigenden Temperaturbereiches von etwa 5° bis 13° C., also für ϑ zwischen -5 und $+3$, den von Magnus und Regnault gefundenen Zahlen gut an[1]. Die Rechenarbeit wurde verkürzt durch eine Tabelle für $0.3782 \cdot e$ als Function von ϑ und w und zweitens durch eine Tabelle für d, bei welcher der bereits wegen der Feuchtigkeit corrigirte Luftdruck von 10 zu 10 mm fortschreitet, während für ϑ Intervalle von 0°2 festgesetzt waren.

In dieser Weise kann man für jeden einzelnen Wägungstag den Zahlenwerth von Φ berechnen. Bildet man nun für zwei combinirte Tage die im Resultat allein vorkommende Summe: $\Sigma\Phi = \Phi + \Phi'$, so zeigt sich, dafs beide Φ von entgegengesetztem Vorzeichen und von meistens so nahezu gleicher Gröfse sind, dafs beide sich bis auf einen kleinen Rest vernichten. Es müssen also in Φ und Φ' überwiegende Glieder stecken, deren absolute Werthe für beide Tage identisch sind, während durch die dazwischenliegende Kreuzvertauschung ihr Vorzeichen umgekehrt wird. Diese lästigen Glieder aus $\Sigma\Phi$ fortzuschaffen, ist der Zweck der folgenden Umformung, welche nebenbei den bleibenden Rest genauer liefert, als die getrennte Berechnung der beiden einzelnen Φ.

Zuerst führen wir durch die Gleichungen (6.) und die analogen für den zweiten Tag geltenden:

$$V'_o = V_2 + V_2\alpha\vartheta'_o, \quad \mathfrak{B}'_o = \mathfrak{B}_2 + \mathfrak{B}_2\beta\vartheta'_o, \quad V'_u = V_1 + V_1\alpha\vartheta'_u, \quad \mathfrak{B}'_u = \mathfrak{B}_1 + \mathfrak{B}_1\beta\vartheta'_u \quad (6'.)$$

die festen Normalvolumina und Ausdehnungscoefficienten ein. Dann wird:

$$\left.\begin{aligned}\Sigma\Phi = {} & [V_1 - \mathfrak{B}_1]\cdot(d'_u - d_o) + [V_1\alpha - \mathfrak{B}_1\beta]\cdot(\vartheta'_u d'_u - \vartheta_o d_o) \\ & + [V_2 - \mathfrak{B}_2]\cdot(d_u - d'_o) + [V_2\alpha - \mathfrak{B}_2\beta]\cdot(\vartheta_u d_u - \vartheta'_o d'_o)\end{aligned}\right\}. \quad (9.)$$

Die in eckige Klammern eingeschlossenen Ausdrücke besitzen feste Zahlenwerthe, die nur von der Wahl der benutzten Kugeln abhängen. Man kann diese Zahlen aus den Daten in Cap. IV ein für alle Mal berechnen; dabei

[1] Vergl. Kohlrausch, Leitfaden der prakt. Physik, Tabelle 13, Columne *f*. Die übrige Gestalt der beiden Formeln vergleiche man mit demselben Leitfaden, 8. Aufl. S. 65 und 129.

ist nur noch zu berücksichtigen, dafs die beiden Hohlkugeln wegen der im Juli 1893 eingetretenen Volumveränderungen vor und nach diesem Termin als verschiedene Individuen zu betrachten sind.

	Vor Juli 1893					Nach Juli 1893			
	Sp	*Sd*	*Sm*			*Sp*	*Sd*	*Sm*	
Differenzen der Normalvolumina ($V-\mathfrak{V}$).									
Hm	−0.404	−0.438	−0.431	cm³	*Hm*	+0.232	+0.198	+0.205	cm³
Ho	−0.703	−0.737	−0.730		*Ho*	−0.459	−0.493	−0.486	
Diff. der mit dem Ausdehnungscoefficienten multiplicirten Normalvolumina ($V\alpha-\mathfrak{V}\beta$).									
Hm	$+0.0_2 2576$	$+0.0_2 2574$	$+0.0_2 2574$		*Hm*	$+0.0_2 2593$	$+0.0_2 2591$	$+0.0_2 2591$	
Ho	$+0.0_2 2567$	$+0.0_2 2566$	$+0.0_2 2566$		*Ho*	$+0.0_2 2574$	$+0.0_2 2572$	$+0.0_2 2573$	

Nun haben wir es mit den anderen Factoren der Gleichung (9.) zu thun, deren Typen $(d'_u - d_o)$ und $(\vartheta'_u d'_u - \vartheta_o d_o)$ sind. Wir entwickeln zunächst den für d gegebenen Ausdruck durchweg nach Potenzen von ϑ. Für e ist diefs bereits von vorn herein durch die empirische Formel geschehen; wir haben noch auszuführen:

$$\frac{1}{1+0.0_2 367\cdot(10+\vartheta)} = \frac{1}{1.0367} - \frac{0.0_2 367}{1.0367^2}\cdot\vartheta + \frac{0.0_2 367^2}{1.0367^3}\cdot\vartheta^2 - + \ldots\ldots$$

Die höheren Glieder wollen wir sogleich vernachlässigen, nachher wird sich bereits das quadratische Glied der Binomialentwickelung als unnöthig herausstellen. Unter Benutzung dieser Reihe und der Gleichung für e erhält man für d folgenden Ausdruck:

$$d = b\cdot(A - B\vartheta + C\vartheta^2) - w\cdot(D + E\vartheta + F\vartheta^2).$$

Dabei ist zur Abkürzung gesetzt:

$$A = \frac{1.293}{1.0367\cdot 760} = 0.0_2 1641$$

$$B = \frac{1.293\cdot 0.0_2 367}{1.0367^2\cdot 760} = 0.0_5 581$$

$$C = \frac{1.293\cdot 0.0_2 367^2}{1.0367^3\cdot 760} = 0.0_7 206$$

$$D = \frac{1.293\cdot 0.378\cdot 0.943\cdot 9.34}{760} = 0.0_2 5667$$

$$E = \frac{1.293\cdot 0.378\cdot 0.943\cdot 0.61}{760} = 0.0_3 3701$$

$$F = \frac{1.293\cdot 0.378\cdot 0.943\cdot 0.021}{760} = 0.0_4 1274$$

Ein weiterer Schritt der Umformung besteht darin, dafs wir statt der Gröfsen b, ϑ, w, von welchen für zwei combinirte Wägungstage je 4 Ablesungen vorliegen (beispielsweise $\vartheta_o\ \vartheta_u\ \vartheta'_o\ \vartheta'_u$), die Mittelwerthe und

die Abweichungen von denselben einführen. Der Barometerstand kann selbst an zwei auf einander folgenden Tagen die extremsten Schwankungen zeigen, welche überhaupt an ihm beobachtet zu werden pflegen. Wir setzen daher als Mittelwerth kurz 760^{mm} und führen ein

$$b = 760 + \beta, \quad \vartheta = \bar{\vartheta} + \Theta, \quad w = \bar{w} + \omega.$$

Die mittlere Temperatur $\bar{\vartheta}$ aus den 4 abgelesenen Thermometerständen zweier combinirter Tage schwankt zwischen -5 und $+3$, die mittlere Feuchtigkeit $\bar{w}$ schwankt zwischen 0.5 und 0.8. Also ist stets anzunehmen $|\bar{\vartheta}| < 5$ und $|\bar{w}| < 0.8$. Die Abweichungen β des Barometerstandes vom Mittel pflegen zwischen -25 und $+25$ zu bleiben, also ist $|\beta| < 25$; einige der vier einzelnen Temperaturen wichen in den äufsersten Fällen um 0°4 vom Mittel ab, also ist $|\Theta| < 0.4$. Für die Abweichungen ω von der mittleren Feuchtigkeit $\bar{w}$ gilt nach den Beobachtungen die Beschränkung $|\omega| < 0.03$.

Der Ausdruck für die Luftdichtigkeit erhält nun folgende Gestalt:

$$\begin{aligned} d = {} & 760 \cdot (A - B\bar{\vartheta} + C\bar{\vartheta}^2) - \bar{w} \cdot (D + E\bar{\vartheta} + F\bar{\vartheta}^2) \\ & + 760 \cdot (-B\Theta + 2C\bar{\vartheta}\Theta + C\Theta^2) - \bar{w} \cdot (E\Theta + 2F\bar{\vartheta}\Theta + F\Theta^2) \\ & + \beta \cdot (A - B\bar{\vartheta} + C\bar{\vartheta}^2) - \omega \cdot (D + E\bar{\vartheta} + F\bar{\vartheta}^2) \\ & + \beta \cdot (-B\Theta + 2C\bar{\vartheta}\Theta + C\Theta^2) - \omega \cdot (E\Theta + 2F\bar{\vartheta}\Theta + F\,\Theta^2). \end{aligned}$$

Aus diesem Ausdruck kann man $d_o\, d_u\, d'_o\, d'_u$ bilden, wenn man an β, Θ, ω die Indices o und u und die den zweiten Tag charakterisirenden Häkchen anbringt.

Wir bilden nun zunächst die Differenzen $(d'_u - d_o)$ bez. $(d_u - d'_o)$. Dabei heben sich die sämmtlichen in der ersten Zeile des vorstehenden Ausdrucks d vorkommenden Glieder weg, mit ihnen verschwindet auch das mächtigste Glied von d, nämlich $760 \cdot A$ aus der Rechnung.

Es bleibt übrig:

$$\begin{aligned} d'_u - d_o = {} & 760 \cdot \left(-B(\Theta'_u - \Theta_o) + 2C\bar{\vartheta}(\Theta'_u - \Theta_o) + C(\Theta'^2_u - \Theta_o^2)\right) \\ & - \bar{w} \cdot \left(E(\Theta'_u - \Theta_o) + 2F\bar{\vartheta}(\Theta'_u - \Theta_o) + F(\Theta'^2_u - \Theta_o^2)\right) + (\beta'_u - \beta_o) \cdot (A - B\bar{\vartheta} + C\bar{\vartheta}^2) \\ & - (\omega'_u - \omega_o) \cdot (D + E\bar{\vartheta} + F\bar{\vartheta}^2) + \beta'_u \cdot (-B\Theta'_u + 2C\bar{\vartheta}\Theta'_u + C\Theta'^2_u) \\ & - \omega'_u \cdot (E\Theta'_u + 2F\bar{\vartheta}\Theta'_u + F\Theta'^2_u) - \beta_o \cdot (-B\Theta_o + 2C\bar{\vartheta}\Theta_o + C\Theta_o^2) \\ & + \omega_o \cdot (E\Theta_o + 2F\bar{\vartheta}\Theta + F\Theta_o^2) \end{aligned}$$

und ein ganz analoger Ausdruck für $(d_u - d'_o)$.

Der gröfste Theil der auftretenden Glieder liefert zu $\Sigma\Phi$ so kleine Beiträge, dafs diese hinter den Wägungsfehlern vollkommen verschwinden und

deshalb unterdrückt werden können. Da wir aber durch die Correction wegen des Luftauftriebes nicht neue Unsicherheiten in die Resultate bringen wollen und die kleinen Glieder ziemlich zahlreich sind, sich also unter Umständen möglicherweise zu etwas bedeutenderen Summen vereinigen könnten, soll eine etwas strenge Grenze gezogen werden. Wir wollen alle Glieder beibehalten, deren Werthe unter den äufsersten Möglichkeiten gröfser als $0.0_3 2$ werden können. Da nun die vorstehenden Dichtigkeitsdifferenzen mit den Volumdifferenzen multiplicirt eingehen, welch letztere ungefähr $0^{ccm}.5$ betragen, können wir in obigem Ausdruck alle Terme fortlassen, deren Zahlenwerthe nach Einsetzung der angegebenen Maximalwerthe der Variabelen kleiner als $0.0_3 4$ bleiben. Die Prüfung kann an jedem einzelnen Gliede leicht vorgenommen werden. Es bleibt schliefslich nur übrig:

$$d'_u - d_o = -760 \cdot B \cdot (\Theta'_u - \Theta_o) + (\beta'_u - \beta_o)(A - B\bar{\vartheta})$$

und entsprechend:

$$d_u - d'_o = -760 \cdot B \cdot (\Theta_u - \Theta'_o) + (\beta_u - \beta'_o)(A - B\bar{\vartheta}).$$

Um in gleicher Weise die Ausdrücke $(\vartheta'_u d'_u - \vartheta_o d_o)$ umzuformen, führen wir zunächst in

$$\vartheta d = b(A\vartheta - B\vartheta^2 + C\vartheta^3) - w(D\vartheta + E\vartheta^2 + F\vartheta^2)$$

die Mittelwerthe und Abweichungen der b, ϑ, w ein und erhalten:

$$\begin{aligned}\vartheta d = {} & 760 \cdot (A\bar{\vartheta} - B\bar{\vartheta}^2 + C\bar{\vartheta}^3) - \bar{w}(D\bar{\vartheta} + E\bar{\vartheta}^2 + F\bar{\vartheta}^3) \\ & + 760 \cdot \big(A\Theta - B(2\bar{\vartheta}\Theta + \Theta^2) + C(3\bar{\vartheta}^2\Theta + 3\bar{\vartheta}\Theta^2 + \Theta^3)\big) \\ & \qquad - \bar{w}\big(D\Theta + E(2\bar{\vartheta}\Theta + \Theta^2) + F(3\bar{\vartheta}^2\Theta + 3\bar{\vartheta}\Theta^2 + \Theta^3)\big) \\ & + \beta(A\vartheta - B\vartheta^2 + C\vartheta^3) - \omega(D\vartheta + E\vartheta^2 + F\vartheta^3).\end{aligned}$$

Bei der Bildung der Differenzen $(\vartheta'_u d'_u - \vartheta_o d_o)$ und $(\vartheta_u d_u - \vartheta'_o d'_o)$ fällt wieder die erste Zeile mit dem grofsen Gliede $760 \cdot A\bar{\vartheta}$ fort; bei der Beurtheilung der übrig bleibenden Differenzen der anderen Zeilen hat man zu bedenken, dafs der herzustellende Ausdruck in $\Sigma\Phi$ eingeht multiplicirt mit $[V\alpha - \mathfrak{V}\beta]$, einem Complex, der nach der oben angegebenen Tabelle für alle möglichen Kugelcombinationen immer nahezu $0.0_2 258$ ist. Setzt man wieder überall die maximalen Beträge ein und unterdrückt alles, was trotzdem zu $\Sigma\Phi$ einen kleinern Beitrag als $0.0_3 2$ liefert, so bleibt nur übrig:

$$(\vartheta'_u d'_u - \vartheta_o d_o) = 760\, A(\Theta'_u - \Theta_o)$$

und entsprechend:

$$(\vartheta_u d_u - \vartheta_o' d_o') = 760 \cdot A (\Theta_u - \Theta_o').$$

Die gesammte Auftriebscorrection lautet jetzt:

$$\begin{aligned}\Sigma\Phi = (A - B\bar{\vartheta}) \cdot \{ [V_1 - \mathfrak{V}_1] (\beta_u' - \beta_o) + [V_2 - \mathfrak{V}_2] (\beta_u - \beta_o') \} \\ - 760 \cdot B \{ [V_1 - \mathfrak{V}_1] (\Theta_u' - \Theta_o) + [V_2 - \mathfrak{V}_2] (\Theta_u - \Theta_o') \} \\ + 760 \cdot A \{ [V_1 \alpha - \mathfrak{V}_1 \beta] (\Theta_u' - \Theta_o) + [V_2 \alpha - \mathfrak{V}_2 \beta] (\Theta_u - \Theta_o') \}.\end{aligned}$$

Dieselbe läfst noch weitere Vereinfachungen zu. Zunächst können offenbar in den Druck- und Temperaturdifferenzen statt der β und Θ wieder die vollen Barometerhöhen b und die abgelesenen Celsiusgrade ϑ gesetzt werden. Ferner zeigen die Barometerstände unten und oben für denselben Tag immer dieselbe Differenz, welche nur von dem Höhenunterschied der beiden Schalenpaare herrührt. Bezeichnen wir die direct abgelesenen Barometerstände beider Tage mit b und b', so haben wir (wie schon in Cap. I, S. 13 ausgeführt) zu setzen:

$$b_o = b - 0.17, \qquad b_u = b + 0.04$$
$$b_o' = b' - 0.17, \qquad b_u' = b' + 0.04.$$

Mithin

$$(\beta_u' - \beta_o) = (b_u' - b_o) = (b' - b) + 0.21$$
$$(\beta_u - \beta_o') = (b_u - b_o') = (b - b') + 0.21.$$

Dadurch erhält die erste Zeile der neuesten Form von $\Sigma\Phi$ folgende Gestalt:

$$(A - B\bar{\vartheta}) \cdot (b' - b) \cdot [V_1 - \mathfrak{V}_1 - V_2 + \mathfrak{V}_2] + 0.21 \cdot (A - B\bar{\vartheta}) [V_1 - \mathfrak{V}_1 + V_2 - \mathfrak{V}_2].$$

Der zweite, mit dem Factor 0.21 beginnende Summand ist so klein, dafs der Bestandtheil $B\bar{\vartheta}$ ohne jeden Einflufs bleibt. Die in eckige Klammer geschlossene Volumcombination hat für alle Kugeln hinreichend übereinstimmende Werthe, so dafs Unterscheidungen nicht nöthig sind. Ein Blick auf die S. 56 gegebene Tabelle für die $(V - \mathfrak{V})$ lehrt, dafs man dafür vor Juli 1893 etwa -1.13, nach diesem Termin etwa -0.27 zu setzen hat. Der ganze zweite Summand wird also:

vor Juli 1893: $-0.21 \cdot A \cdot 1.13 = -0.0_3 4$

nach » » : $-0.21 \cdot A \cdot 0.27 = -0.0_3 1$.

Der Betrag nach der Deformation fällt zwar unter die gezogene Grenze, da aber seine Unterdrückung für alle Resultate einen einseitigen constanten Fehler bedeuten würde, so mag dieses Glied stehen bleiben, zumal es keine weiteren Berechnungen erfordert.

Auch die letzte Zeile von $\Sigma\Phi$ läfst sich bequemer gestalten, indem man für die beiden $[V\alpha - \mathfrak{V}\beta]$ den stets bis auf etwa 1 Procent zutreffenden Mittelwerth $0.0_2 258$ als constanten Factor einsetzt.

Der ganze Ausdruck wird nun:

$$\begin{aligned}\Sigma\Phi = -\begin{Bmatrix}0.0_3 4\\ 0.0_3 1\end{Bmatrix} &+ (A - B\bar{\vartheta})(b' - b)[V_1 - \mathfrak{V}_1 - V_2 + \mathfrak{V}_2]\\ &- 760 B \cdot \{[V_1 - \mathfrak{V}_1](\vartheta'_u - \vartheta_o) + [V_2 - \mathfrak{V}_2](\vartheta_u - \vartheta'_o)\}\\ &+ 760 A \cdot 0.0_2 258 \cdot (\vartheta'_u - \vartheta_o + \vartheta_u - \vartheta'_o)\end{aligned}$$

oder auf Grund der Zahlenwerthe für A und B

$$\left.\begin{aligned}\Sigma\Phi = -\begin{Bmatrix}0.0_3 4\\ 0.0_3 1\end{Bmatrix} &+ (0.0_2 1641 - 0.0_5 581\bar{\vartheta}) \cdot (b' - b)[V_1 - \mathfrak{V}_1 - V_2 + \mathfrak{V}_2]\\ &- 0.0_2 442 \cdot \{[V_1 - \mathfrak{V}_1](\vartheta'_u - \vartheta_o) + [V_2 - \mathfrak{V}_2](\vartheta_u - \vartheta'_o)\}\\ &+ 0.0_2 322 \cdot (\vartheta'_u - \vartheta_o + \vartheta_u - \vartheta'_o).\end{aligned}\right\} \quad (10.)$$

Diefs ist die Schlufsformel, nach welcher die Correction wegen des Auftriebes der Luft für je zwei combinirte Wägungsreihen in Milligrammen berechnet wurde.

Der Sinn der vier Glieder ist leicht zu fassen: das erste Glied wird durch die Druckdifferenz zwischen dem obern und untern Niveau bedingt, das zweite durch die Schwankung des Barometerstandes vom einen Tag bis zum andern, die zeitlichen Temperaturveränderungen verursachen das dritte Glied, wobei zur Anschauung kommt, dafs die Kugeln, welche am ersten Tage oben waren, am zweiten Tage unten liegen und umgekehrt, das letzte Glied endlich rührt von den durch die thermischen Ausdehnungen der Kugeln verursachten Volumdifferenzen her. Der langsam veränderliche Feuchtigkeitsgehalt der Luft bleibt, wie man sieht, ohne Einflufs auf diese Correction; ferner erkennt man aus dem sehr geringen Coefficienten, mit welchem die mittlere Temperatur $\bar{\vartheta}$ multiplicirt erscheint, dafs für diese eine rohe Bestimmung hinreicht. Im übrigen treten nur Temperaturdifferenzen auf.

Um nun die numerischen Berechnungen abzukürzen, stellten wir uns erstens für den Ausdruck

$$(A - B\bar{\vartheta}) \cdot (b' - b)$$

folgende Tabelle her, deren Spaltenindex die mittlere Temperatur in Celsiusgraden, also $(10 + \bar{\vartheta})$ von Grad zu Grad angibt, deren Zeilenindex $(b' - b)$ von 1^{mm} Quecksilber ganzzahlig bis 9^{mm} aufweist. Da $(b' - b)$ Factor ist, haben

wir eine einfache Multiplicationstafel; Interpolationen für Bruchtheile von Millimetern erfolgen also in einfachster Weise durch Kommaverschiebungen.

	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°
1	0.00168	0.00167	0.00166	0.00166	0.00165	0.00165	0.00164	0.00164	0.00163	0.00162
2	335	334	333	332	331	329	328	327	326	325
3	503	501	499	497	496	494	492	491	489	487
4	670	668	666	663	661	659	656	654	652	650
5	838	835	832	829	826	823	820	818	815	812
6	0.01006	0.01002	998	995	992	988	985	981	977	974
7	1173	1169	0.01165	0.01161	0.01157	0.01153	0.01149	0.01145	0.01140	0.01137
8	1341	1336	1331	1326	1322	1318	1313	1308	1303	1299
9	1508	1503	1498	1492	1488	1482	1477	1472	1466	1462

Für die algebraischen Summen der Normalvolumina $[V_1 - \mathfrak{V}_1 - V_2 + \mathfrak{V}_2]$, mit welchen die aus vorstehender Tabelle gefundenen Zahlenwerthe multiplicirt werden, kann man die Zahlen ein für allemal feststellen. Diefs ist in folgender Tabelle geschehen:

V_1	$\mathfrak{V}_1$	V_2	$\mathfrak{V}_2$	$[V_1 - \mathfrak{V}_1 - V_2 + \mathfrak{V}_2]$ vor Juli 1893		$[V_1 - \mathfrak{V}_1 - V_2 + \mathfrak{V}_2]$ nach Juli 1893	
Sp	*Hm*	*Sd*	*Ho*	+	0.333	+	0.725
Sd	*Ho*	*Sp*	*Hm*	−		−	
Sp	*Ho*	*Sd*	*Hm*	−	0.265	−	0.657
Sd	*Hm*	*Sp*	*Ho*	+		+	
Sp	*Hm*	*Sm*	*Ho*	+	0.326	+	0.718
Sm	*Ho*	*Sp*	*Hm*	−		−	
Sp	*Ho*	*Sm*	*Hm*	−	0.272	−	0.664
Sm	*Hm*	*Sp*	*Ho*	+		+	
Sm	*Hm*	*Sd*	*Ho*	+	0.306	+	0.698
Sd	*Ho*	*Sm*	*Hm*	−		−	
Sm	*Ho*	*Sd*	*Hm*	−	0.292	−	0.684
Sd	*Hm*	*Sm*	*Ho*	+		+	

Hiernach ist die Auffindung des in Rede stehenden gröfsten Gliedes von $\Sigma\Phi$ auf eine meist stark abzukürzende Multiplication zweier Decimalbrüche zurückgeführt. Das gleiche erreicht man für die zweite Zeile der Correction, wenn man für alle Kugelcombinationen die Werthe von $-0.0_2442 \cdot [V - \mathfrak{V}]$ zusammenstellt. Diefs giebt folgende Tafel:

	$-0.0_2442 \cdot [V - \mathfrak{V}]$ vor Juli 1893 *Sp*	*Sd*	*Sm*		$-0.0_2442 \cdot [V - \mathfrak{V}]$ nach Juli 1893 *Sp*	*Sd*	*Sm*
Hm	$+0.0_2178$	$+0.0_2194$	$+0.0_2190$	*Hm*	-0.0_2102	-0.0_2087	-0.0_2091
Ho	$+0.0_2311$	$+0.0_2326$	$+0.0_2323$	*Ho*	$+0.0_2203$	$+0.0_2218$	$+0.0_2215$

Die hieraus entnommenen Zahlen sind mit den Temperaturdifferenzen $(\vartheta'_u - \vartheta_o)$ u. s. w. zu multipliciren. Oft sieht man ohne Rechnung, dafs diese Glieder unter die Grenze fallen.

Für das letzte Glied kann man eine fertige Tabelle aufstellen wie folgt, welche direct ablesen lässt, wie grofs dasselbe für einen vorliegenden Werth von $(\vartheta_u' - \vartheta_o + \vartheta_u - \vartheta_o')$ ausfällt. Man braucht dazu nur die beiden Nachbar-Temperaturen in der Columne »Grenze« zu suchen, welche die vorliegende Zahl einschliefsen. In der Columne »Werth« findet man dazu den Betrag des Gliedes. Das Vorzeichen stimmt überein mit dem der algebraischen Temperatursumme.

Grenze	Werth	Grenze	Werth	Grenze	Werth	Grenze	Werth	Grenze	Werth
	0.0000		0.0012		0.0024		0.0036		0.0048
0°016		0°39		0°76		1°13		1°51	
	0.0001		13		25		37		49
0.05		0.42		0.79		1.17		1.54	
	2		14		26		38		50
0.08		0.45		0.82		1.20		1.57	
	3		15		27		39		51
0.11		0.48		0.85		1.23		1.60	
	4		16		28		40		52
0.14		0.51		0.89		1.26		1.63	
	5		17		29		41		53
0.17		0.54		0.92		1.29		1.66	
	6		18		30		42		54
0.20		0.57		0.95		1.32		1.69	
	7		19		31		43		55
0.23		0.61		0.98		1.35		1.72	
	8		20		32		44		56
0.26		0.64		1.01		1.38		1.76	
	9		21		33		45		57
0.30		0.67		1.04		1.41		1.79	
	0.0010		22		34		46		58
0.33		0.70		1.07		1.45		1.82	
	11		23		35		47		59
0.36		0.73		1.10		1.48		1.85	
	12		24		36		48		

Als Paradigma sei hier die ausführliche Berechnung eines bestimmten Falles wiedergegeben: $\Sigma\Phi$ für die combinirten Wägungsreihen vom 3. und 7. December 1895.

3. December 1895	**7. December 1895**
Anfangsstellung $\dfrac{Ho \mid Sm}{Sp \mid Hm}$	Anfangsstellung $\dfrac{Sp \mid Hm}{Ho \mid Sm}$

NB. Die verkehrte Anfangsstellung ändert nichts.

$\vartheta_o = 9°08\,,\quad \vartheta_u = 9°28\,,\quad b = 760.81$

$\vartheta_o' = 9°06\,,\quad \vartheta_u' = 9°20\,,\quad b' = 730.28$

also: $b' - b = -30.53 \quad V_1 = Sm \quad V_2 = Sp$

$\bar{\vartheta} = 9°15 \quad \mathfrak{V}_1 = Ho \quad \mathfrak{V}_2 = Hm$

Erstes Glied .... $= -0.0001$

Zweites Glied:

$(A - B\bar{\vartheta})(b' - b) = -0.05027$

$(V_1 - \mathfrak{V}_1 - V_2 + \mathfrak{V}_2) = -0.718$

Product $= +0.0361$ .... $= +0.0361$

Drittes Glied:

$-0.0_2442\ (V_1 - \mathfrak{V}_1) = +0.0_2215$

$\vartheta_u' - \vartheta_o = +0.12$

Product $= +0.00026$

$-0.0_2442\ (V_2 - \mathfrak{V}_2) = -0.0_2102$

$\vartheta_u - \vartheta_o' = +0.22$

Product $= -0.00022$ .... $= 0.0000$

Viertes Glied:

$(\vartheta_u' - \vartheta_o + \vartheta_u - \vartheta_o') = +0.34$, also .... $= +0.0011$

$\Sigma\Phi = +0.0371$

Auch die nach der zu Anfang der Cap. V besprochenen Methode der directen Verticalvertauschungen aus einem einzigen Wägungstage abgeleiteten Resultate besitzen einen vom Auftrieb der Luft herrührenden Summanden. Dieser hat nach Gl. (3.) auf S. 48 folgende Form:

$$\Psi = [V_l - \mathfrak{V}_l + V_r - \mathfrak{V}_r] \cdot (d_u - d_o)$$

und kann direct aus den beiden ermittelten Luftdichtigkeiten und den für die herrschenden Temperaturen geltenden Werthen der vier Kugelvolumina berechnet werden. Indessen ist auch hier eine Umformung, ähnlich der für $\Sigma\Phi$ durchgeführten, am Platze. Zu bedenken ist dabei, dafs Wägungen mit Verticalvertauschungen nur ausgeführt wurden, wenn ϑ_u und ϑ_o um weniger als 0°04 verschieden waren, und dafs dabei die Barometerstände unten und oben die feste Differenz 0ᵐᵐ21 aufwiesen. Die in eckige Klammer geschlossene Volumenzusammenstellung besitzt, wie wir schon oben anführten, stets nahezu dieselben Werthe:

vor Juli 1893: $-1^{\text{ccm}}13$, nach Juli 1893: $-0^{\text{ccm}}27$.

Diese Näherungswerthe können für alle vorkommenden Temperaturen benutzt werden. Die Reihenentwickelung von d liefert für diesen Zweck hinreichend genau:

$$d_u - d_o = 0.21 \cdot A - B \cdot b \cdot (\vartheta_u - \vartheta_o).$$

Wegen der Kleinheit von B und $(\vartheta_u - \vartheta_o)$ kann für b stets der Mittelwerth 760 gesetzt werden. Man erhält also:

$$\left.\begin{aligned} \text{vor Juli 1893:}\quad \Psi &= -0.21 \cdot A \cdot 1.13 + 0.0_5 581 \cdot 760 \cdot 1.13 \cdot (\vartheta_u - \vartheta_o) \\ &= -0.0_3 4 + 0.0051 \cdot (\vartheta_u - \vartheta_o) \\ \text{nach Juli 1893:}\quad \Psi &= -0.21\, A \cdot 0.27 + 0.0_5 581 \cdot 760 \cdot 0.27 \cdot (\vartheta_u - \vartheta_o) \\ &= -0.0_3 1 + 0.0012 \cdot (\vartheta_u - \vartheta_o) \end{aligned}\right\} \quad (10^{a}.)$$

So lange $|(\vartheta_u - \vartheta_o)| < 0.04$ bleibt, fallen also die Ψ mit Ausnahme des Gliedes $-0.0_3 4$ stets unter die gezogene Grenze. Obwohl diese Verticalwägungen, weil in anderer Weise unsicher, nicht zum Hauptresultat verwendet werden, darf die Auftriebscorrection Ψ bei denselben doch nicht fortgelassen werden, da ihre Resultate in anderer Hinsicht wichtig sind.

B. Über Bestimmung der Luftdichtigkeit durch Wägungen.

Im Anfange unsrer Arbeit haben wir zur Ermittelung der Correction wegen des Auftriebs eine Methode der directen Bestimmung des Gewichts der verdrängten Luft durch Wägung verwandt, deren Princip die Messung

des Gewichtsverlustes eines Körpers von bekannter Masse und bekanntem Volumen in der Luft ist. Zwar haben wir diese Methode bei der definitiven Berechnung der $\Sigma\Phi$ nicht angewandt; da sie aber principielles Interesse darbietet, soll auch sie auseinandergesetzt und die mit ihr gewonnenen Resultate mitgetheilt werden.

Die Ausführung des Princips war ursprünglich in ganz anderer Form geplant (s. Verh. d. physik. Ges. zu Berlin, 25. Juni 1886; S. 83), als sie nachher geschah.

Es werden dabei aufser den beiden geschlossenen Hohlkugeln noch die zwei oben schon beschriebenen durchbrochenen Hohlkugeln gebraucht, welche in Luft scheinbar nahe dasselbe Gewicht wie jene zeigen, dagegen nur das geringe Volumen ihrer Wandungen besitzen. Die Massen dieser durchbrochenen Kugeln wollen wir durch μ, das Volumen durch $\mathfrak{v}$ charakterisiren.

Um nun d_o zu bestimmen, macht man mit einer geschlossenen und einer durchbrochenen Hohlkugel eine Gaufs'sche Doppelwägung auf den oberen Schalen:

I. Links $\mu_o + z_l^{\mathrm{I}}$, rechts $m_o + z_r^{\mathrm{I}}$, Einstellung e^{I}
II. » $m_o + z_l^{\mathrm{II}}$, » $\mu_o + z_r^{\mathrm{II}}$, » e^{II}.

Daraus folgen die beiden Gleichungen:

$$(\mu_o - \mathfrak{v}_o d_o + z_l^{\mathrm{I}}) - (m_o - \mathfrak{V}_o d_o + z_r^{\mathrm{I}}) = (e^{\mathrm{I}} - e_o)\,\omega$$
$$(m_o - \mathfrak{V}_o d_o + z_l^{\mathrm{II}}) - (\mu_o - \mathfrak{v}_o d_o + z_r^{\mathrm{II}}) = (e^{\mathrm{II}} - e_o)\,\omega$$

und nach Elimination des Nullpunktes e_o:

$$2\,(\mu_o - m_o) + 2(\mathfrak{V}_o - \mathfrak{v}_o)\,d_o + (z_l - z_r)^{\mathrm{I}} - (z_l - z_r)^{\mathrm{II}} = (e^{\mathrm{I}} - e^{\mathrm{II}})\,\omega,$$

schliefslich:

$$d_o = \frac{(m_o - \mu_o) - \frac{1}{2}\left[(z_l - z_r)^{\mathrm{I}} - (z_l - z_r)^{\mathrm{II}} - (e^{\mathrm{I}} - e^{\mathrm{II}})\,\omega\right]}{\mathfrak{V}_o - \mathfrak{v}_o}.$$

Bezeichnen wir die direct durch Wägung gefundene Gröfse

$$\tfrac{1}{2}\left[(z_l - z_r)^{\mathrm{I}} - (z_l - z_r)^{\mathrm{II}} - (e^{\mathrm{I}} - e^{\mathrm{II}})\,\omega\right]$$

analog α mit δ, so wird

$$d_o = \frac{m_o - \mu_o - \delta}{\mathfrak{V}_o - \mathfrak{v}_o} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (11.)$$

Ebenso kann d_u am selben Tage unmittelbar hinterher durch das andere Hohlkugelpaar m_u und μ_u auf den unteren Schalen gefunden werden.

Eine Reihe solcher Bestimmungen der Luftdichtigkeit aus Wägungen ergaben im Anfang stets vortreffliche Übereinstimmung mit dem aus den meteorologischen Daten berechneten Werthe, und zwar waren diefs insbesondere diejenigen Wägungen, bei welchen eine bestimmte (die als *Hm* bezeichnete) geschlossene Hohlkugel zur Anwendung kam, deren Constanten offenbar seit ihrer ersten Aichung bis zu Beginn ihrer Benutzung sich äufserst wenig geändert hatten, während die mit *Ho* bezeichnete Hohlkugel zwar auch noch sehr gute, aber doch nicht so vortreffliche Übereinstimmung ergab. Die Massendifferenz $(m-\mu)$ beträgt bei den verschiedenen Combinationen stets etwas über 140^{mg} und ist bis auf 0^{mg}.1 sicher bekannt; man kann also eine Sicherheit der Luftwägungen von etwa 1 Promille erwarten. Als Beispiele führen wir folgende Bestimmungen an:

Datum 1890	Niveau	ϑ	b	w	d aus ϑ, b, w berechnet	Hohl-kugeln, *Hm* und:	δ	d aus der Wägung
26. IX.	unten	11.69	765.28	0.78	1.2433	*Dm*	4^{mg}.17	1.2433 $\frac{mg}{ccm}$
6. X.	oben	12.00	757.93	0.76	1.2303	*Do*	6.37	1.2300
16. X.	oben	11.83	744.06	0.76	1.2085	*Dm*	7.9	1.2096
18. X.	oben	11.72	744.61	0.76	1.2099	*Dm*	7.70	1.2114
19. XI.	unten	10.31	769.61	0.83	1.2569	*Do*	3.4	1.2569
20. XI.	oben	10.10	762.44	0.77	1.2464	*Dm*	3.68	1.2477
24. XI.	oben	10.09	731.72	0.77	1.1962	*Dm*	9.3	1.1952

Wir haben diese Methode und die mit ihr erzielten guten Resultate nur ihrer allgemeinen Anwendbarkeit halber erwähnt. Hat man einmal durch Wägungen in Luft von bekannter Dichtigkeit und in Wasser die Masse und das möglichst grofs zu wählende Volumen eines Hohlkörpers bestimmt, so kann man jeder Zeit schnell aus seinem Gewichtsverlust die augenblickliche Dichtigkeit der Luft bestimmen.

(Nachdem das Princip dieser Luft-Wägungs-Methode bereits in der Sitzung der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin vom 25. Juni 1886 S. 83 publicirt und über ihre Ausführung in den Sitzungsberichten der Berliner Akademie vom 23. März 1893 S. 177 von uns berichtet worden war, hat Hr. Maurice Meslans in den Comptes rendus, T. 117 p. 386, am 24. Juni 1893 eine der unsrigen gleiche Methode zur Bestimmung der Dichtigkeit der Gase veröffentlicht. Siehe auch die Referate Naturw. Rdsch. VIII 1893, Nr. 47 S. 603; Beibl. zu Wied. Ann., XVIII S. 405, 1894.)

Cap. VII. Wägungsresultate.

A. Wägungen, die zur Beurtheilung der thermischen Bedingungen führten.

Die Temperaturen am Orte der oberen (ϑ_o) und am Orte der unteren Wagschalen (ϑ_u) waren keineswegs gleich. Die oberen Wagschalen liegen freier und folgen dem Einflufs der Jahreszeit mehr als die unteren, so dafs im Sommer $\vartheta_o > \vartheta_u$; im Winter $\vartheta_o < \vartheta_u$ war; die Differenzen betrugen im Maximum bis zu $\pm 0\overset{\circ}{.}7$. Dafs unter diesen Umständen die ursprünglich geplante Methode nicht ausführbar sein würde, war vorauszusehen. Denn bei der directen Verticalvertauschung von oben nach unten kommt, wenn etwa $\vartheta_o > \vartheta_u$ ist, die von oben nach unten gebrachte Kilokugel in Luft von niederer Temperatur, erzeugt um sich einen aufsteigenden Luftstrom, der sie um ein weniges mitnimmt und sie zu leicht erscheinen läfst; die von unten nach oben gebrachte Kugel mufs analog zu schwer erscheinen. Wenn $\vartheta_o < \vartheta_u$ ist, kehrt sich der Sinn der Störung um. Die Hohlkugeln spielen dabei keine Rolle, da ihre Temperatur sich aufserordentlich viel schneller mit derjenigen der Luft ausgleicht, als diejenige der massiven Kugeln.

Wir verzichteten daher im allgemeinen auf die Anstellung von Wägungen mit Verticalvertauschung, hofften aber zunächst doch, zwei Mal im Jahre (im Frühjahr und Herbst), wenn auf einige Tage die Temperaturen ϑ_o und ϑ_u nahe gleich waren, wenigstens einige zuverlässige Resultate aus solchen Wägungen erzielen zu können. Die erstmalige Anstellung derselben zeigte aber, dafs schon wenige Hundertstel Grad Differenz zwischen ϑ_o und ϑ_u genügen, um die Resultate sehr stark zu beeinflussen. In dieser Hinsicht haben uns die Verticalwägungen zu einer wesentlichen Aufklärung verholfen.

Die obige Überlegung ergibt, dafs bei $\vartheta_o > \vartheta_u$ die Abnahme der Schwere mit der Höhe zu klein, bei $\vartheta_o < \vartheta_u$ zu grofs erscheinen mufs. Diefs zeigt deutlich die folgende Zusammenstellung, geordnet nach steigenden Werthen von $\vartheta_o - \vartheta_u$. Der richtige Werth der Gewichtsabnahme ist $+ 1^{mg}.2453$.

Wägungen mit Verticalvertauschung ohne Bleiklotz.

Datum	Mittelwerth von ϑ_o	Mittelwerth von ϑ_u	$\vartheta_o - \vartheta_u$	Doppelte Gewichtsabnahme mit der Höhe
25. XI. 91	9°83	9°92	−0°09	$+1^{mg}.3689$
19. » »	9.95	9.99	−0.04	4046**
24. » »	9.90	9.94	−0.04	3385
21. X. 95	10.48	10.495	−0.015	2959
23. XI. 91	10.02	10.02	0.00	2647
31. V. 92	7.94	7.93	+0.01	2646*
1. VI. »	7.98	7.96	+0.02	1395*
2. » »	8.04	8.015	+0.025	2487*
15. » 95	8.305	8.28	+0.025	2363
7. » 92	8.16	8.125	+0.035	1807*
11. » »	8.255	8.22	+0.035	1012*
21. XI. 95	10.055	10.01	+0.045	2291

Die mit * bezeichneten Wägungsreihen sind bei nur mäfsig gutem Zustande der Wage angestellt; das mit ** bezeichnete Resultat ist durch eine weniger zuverlässige Combination von Einzelwägungen gewonnen.

Bei den Wägungen mit Bleiklotz erscheint die Gewichtsabnahme mit der Höhe negativ; für die algebraischen Werthe gilt derselbe, für die absoluten Werthe der umgekehrte Sinn der Abhängigkeit der Resultate von $\vartheta_o - \vartheta_u$, wie folgende Zusammenstellung zeigt. Alle Wägungen derselben sind bei gutem Zustande der Wage angestellt. Der normale Werth ist hier $- 0^{mg}.1211$.

Wägungen mit Verticalvertauschung mit Bleiklotz.

Datum	Mittelwerth von ϑ_o	Mittelwerth von ϑ_u	$\vartheta_o - \vartheta_u$	Doppelte Gewichtsabnahme mit der Höhe
1. XII. 94	9°87	9°95	−0°08	$-0^{mg}.0531$
8. XI. 93	10.51	10.56	−0.05	1040
28. » 94	10.00	10.045	−0.045	1097
29. » »	9.97	10.01	−0.04	1070
27. » »	10.07	10.08	−0.01	1009
26. » »	10.09	10.085	+0.005	1500
20. V. 93	7.55	7.52	+0.03	1409
10. XI. 94	10.30	10.265	+0.035	1816
20. V. 93	7.575	7.53	+0.045	1726
22. » »	7.64	7.59	+0.05	1605
23. » »	7.67	7.62	+0.05	1622
14. VI. 94	8.53	8.48	+0.05	1781
11. XI. »	10.32	10.26	+0.06	1674

Als wir aus den ersten Verticalvertauschungen im November 1891 die Gröfse des Einflusses der Temperaturdifferenz oben gegen unten zu erkennen glaubten, stellten wir, um uns dessen zu vergewissern, einige Wägungsreihen mit Verticalvertauschungen an, vor deren Beginn ϑ_o durch Heizung künstlich gesteigert war und daher während der Wägungsreihe stark abfiel. Die Einzelwerthe für die Abnahme des Gewichts mit der Höhe zeigten dann in ausgesprochenster Weise den vermutheten Gang und die vermuthete Abweichung von dem Normalwerth:

1. December 1891					3. December 1891				
Zeit	ϑ_o	ϑ_u	$\vartheta_o - \vartheta_u$	Wägungs-resultat	Zeit	ϑ_o	ϑ_u	$\vartheta_o - \vartheta_u$	Wägungs-resultat
$7^h 55^m$	10°00	10°00	0°00	$+1^{mg}.2494$	$4^h 50^m$	9°97	9°81	+0°16	$+1^{mg}.1158$
8 30	9.97	10.00	−0.03	2504	5 30	9.91	9.81	+0.10	1639
9 0	9.95	10.00	−0.05	3095	6 10	9.86	9.81	+0.05	1679

Der grofse Einflufs einer sehr kleinen Temperaturdifferenz der Gewichtskugeln gegen die umgebende Luft machte sich in anderer Weise nun auch bei den Wägungen mit horizontaler Vertauschung geltend, und zwar dort zunächst in Folge eines Übelstandes im Vertauschungsmechanismus, welcher nach dem ursprünglichen Plane nur dazu dienen sollte, verticale Vertauschungen vorzunehmen, bei welchen der für den Bleiklotz bestimmte Raum umgangen werden mufste. Die Vertauschung zwischen rechts und links konnte daher, sowohl oben wie unten, leider nicht im Innern des Wagekastens bez. des Hohlraumes im Fundamente bei den unteren Schalen vorgenommen werden. Sondern zur Vornahme der Vertauschung müssen die oberen Kugeln etwa $1\frac{1}{2}^m$ weit aus dem Wagekasten herausgefahren werden, wodurch die Gefahr entsteht, dafs sie mit Luft von anderer Temperatur, als am Orte der Schalen herrscht, in Berührung kommen. An den Ort der Schalen zurückgekehrt, befinden sie sich alsdann nicht mehr im Temperaturgleichgewicht mit der dort befindlichen Luft und erzeugen um sich die störenden Luftströme. Die unteren Kugeln werden von diesem Einflufs weit weniger betroffen, da sie nur einen kurzen Weg aufserhalb der Fundamentkanäle zurückzulegen haben; der Sinn der Störung wird also durch die oberen Kugeln bedingt sein.

Eine ganz allgemeine hierhin gehörige Beobachtung ist die, dafs die Übereinstimmung der einzelnen Einstellungen der Wage bei wiederholtem Abheben und Wiederaufsetzen der Kugeln eine weit bessere war, wenn dieselben dazwischen nicht aus dem Wagekasten herausgefahren

wurden, als wenn letzteres geschah (ohne dafs die Kugeln dabei vertauscht wurden).

Ferner zeigte sich, dafs mehrere Tage lang, nachdem Menschen mit Licht zur Vornahme irgend welcher Hantirungen an der Wage im Zinkkasten *k* gewesen waren, wodurch schnell eine erhebliche Steigerung der Temperatur der Luft in demselben hervorgerufen wurde, zu grofse Werthe für die Abnahme der Schwere mit der Höhe erhalten wurden; z.B. betrug, nachdem am 1. bez. 10. März 1892 im Zinkkasten gearbeitet worden war, die doppelte Gewichtsabnahme mit der Höhe aus Horizontalvertauschungen:

vom 2. und 4.	$+1^{mg}.3206$		vom 12. und 14.	$+1^{mg}.3129$
» 4. » 5.	1.2963		» 14. » 15.	1.2929
» 5. » 7.	1.2616		» 15. » 16.	1.2869
» 7. » 8.	1.2225		» 17.	im Zinkkasten gearbeitet und die Reihe abgebrochen.

Diefs Verhalten erklärt sich daraus, dafs die im Wagekasten eingeschlossene Luft die künstliche Steigerung der Temperatur nicht, oder nur sehr vermindert mitgemacht hat. Bei der Vertauschung gelangen die oberen Kugeln in die wärmere Luft des Zinkkastens und erscheinen bei der nächsten Aequilibrirung zu leicht, als ob die Schwere am Orte der oberen Wagschalen übernormal vermindert wäre. Schliefslich wurde im Februar 1892 noch erkannt, dafs ein rapider Abfall der Temperatur in Folge anhaltender Winterkälte, während der Zinkkasten nicht betreten worden war, ungewöhnlich kleine Werthe für die Gewichtsabnahme mit der Höhe brachte. Auch diefs ist in ganz analoger Weise erklärbar: die Temperatur im Zinkkasten aufserhalb des Wagekastens sinkt schneller als die innerhalb des letztern; bei der Vertauschung kommen die oberen Kugeln in kältere Luft und erscheinen, in den Wagekasten zurückgebracht, zu schwer.

Um diese Störungen möglichst unschädlich zu machen, wurden zunächst nach jedem Aufenthalt im Zinkkasten mindestens einen Tag lang dessen Thüren aufgesperrt, dieselben spätestens einen Tag lang vor der nächsten Wägungsreihe geschlossen, und letztere nicht früher als drei Tage nach dem Aufenthalt im Zinkkasten angestellt. Dann war keine regelmäfsige Abweichung der zunächst erhaltenen Resultate mehr zu bemerken.

Ferner blieben die Fallthüren des Wagekastens und der Kanäle im Fundament zwischen zwei Wägungsreihen von einem Tag zum andern offen, um

den Ausgleich der Temperatur im Zinkkasten in- und aufserhalb des Wagekasten bez. der Kanäle zu befördern. Während der Wägungen dagegen wurden diese Fallthüren geschlosssen, um Luftströmungen abzuschneiden. — Dann wurde nachträglich noch der ganze Weg, welchen die Kugeln aufserhalb des Wagekastens bez. der Kanäle zurücklegen müssen, mit Blech umhüllt, um ihm möglichst gleiche Temperatur zu ertheilen. — Endlich wurde, um den Einflufs der äufseren Temperaturschwankungen zu vermindern, im März 1892 der bereits früher erwähnte zweite Bretterverschlag hergerichtet. Die Discussion der definitiven Wägungsresultate wird zeigen, dafs es bei all diesen Mafsregeln doch nicht gelungen ist, diese Einflüsse gänzlich zu beseitigen.

B. Definitive Wägungsreihen.

Wir bringen nun die Resultate der Wägungen mit horizontaler Vertauschung, welche allein zur Ableitung des definitiven Resultates benutzt wurden. Ausgeschlossen werden dabei von vornherein solche Wägungsreihen, bei welchen eine einseitig wirkende Fehlerquelle vorhanden war, wie z. B. die vor Erkenntnifs ihrer Unzulässigkeit angestellten Reihen in den nächsten Tagen nach Anwesenheit im Zinkkasten. Von den übrigen Reihen sind viele bei schlechtem oder mäfsigem Zustande der Wage angestellt, ehe noch deren Mängel erkannt und vermieden wurden, oder auch wenn Staub den Zustand augenblicklich verschlechterte. Diese Reihen, welche in den folgenden Zusammenstellungen mit * bezeichnet sind, zeigen eine gröfsere Streuung der Einzelwerthe; da jedoch kein Grund zur Annahme einer einseitigen Abweichung bei ihnen vorlag, wurden sie nicht von der Berücksichtigung ausgeschlossen, sondern als »minderwerthige« Resultate gesondert vereinigt. Die Bedeutung der Columnen in den folgenden Zusammenstellungen bis zu den mit »Resultat« überschriebenen ist nach den vorhergehenden Abschnitten ohne weiteres verständlich. Von den auf einander folgenden Einzelwerthen für α sind diejenigen nicht zu $\Sigma\alpha$ vereinbar, zwischen welchen eine neue Combination der Gewichtskugeln hergestellt wurde oder zwischen denen der Staub von den Kugeln abgewischt wurde, oder zwischen denen eine so lange Zeit verstrichen war, dafs der Staubbelag der Kugeln sich in einer für uns störenden Weise verändert haben konnte; denn in diesen Fällen war die bei Ableitung von

Gleichung (5.) (Cap. V S. 51) aus den Gleichungen (4.) und (4'.) vorausgesetzte Constanz der Massen nicht vorhanden.

1. Wägungen ohne Bleiklotz.

Aus solchen sind für die Abnahme der Schwere mit der Höhe vor Aufbau des Bleiklotzes 45 Werthe, darunter aber 21 minderwerthige, nach Abbruch des Bleiklotzes 28 Werthe ermittelt worden, die in folgender Tabelle zusammengestellt sind. Zu erwähnen ist noch, dafs am Schlusse der Wägungsreihe vom 8. VI. 92 versehentlich die Verticalvertauschung unterblieb, so dafs die Reihe vom 15. VI. 92 mit derselben Kugelstellung vorgenommen wurde.

Datum	Temperatur zu Anfang		Temperatur zu Ende		α	$\Sigma\alpha$	$\Sigma\Phi$	Resultat: $\Sigma\alpha + \Sigma\Phi$	Bemerkungen über den Einflufs der Temperaturdifferenzen
	ϑ_o	ϑ_u	ϑ_o	ϑ_u					
26. IX. 90	12.25	11.69	12.23	11.69	+0.9301	+1.2115	−0.0028	+1.2087*	Wegen des schlechten Zustandes der Wage nicht zu erkennen.
6. X. »	11.97	11.61	12.04	11.63	+0.2814				
10. » »	11.71	11.51	11.71	11.51	+0.8596	+1.2919	−0.0063	+1.2856*	
13. » »	11.81	11.51	11.84	11.51	+0.4323	+1.2891	−0.0059	+1.2832*	
14. » »	11.88	11.52	11.87	11.52	+0.8568				
18. » »	11.72	11.46	11.71	11.46	+1.6111	+1.2428	+0.0055	+1.2483*	
20. » »	11.55	11.36	11.53	11.38	−0.3683	+1.2660	−0.0062	+1.2598*	
21. » »	11.40	11.29	11.33	11.25	+1.6343				
17. XI. »	10.36	10.41	10.33	10.41	−0.4738	+1.2194	−0.0027	+1.2167*	
18. » »	10.33	10.39	10.31	10.39	+1.6932	+1.2490	±0.0000	+1.2490*	
19. » »	10.23	10.31	10.21	10.31	−0.4442	+1.2319	+0.0050	+1.2369*	
20. » »	10.11	10.23	10.10	10.24	+1.6761	+1.2166	+0.0001	+1.2167*	
21. » »	10.10	10.22	10.10	10.21	−0.4595				
4. VIII. 91	11.56	10.84	11.56	10.84	+0.7746	+1.2006	−0.0098	+1.1908*	ϑ_o u. ϑ_u nur wenig schwankend. $\vartheta_o > \vartheta_u$. Werthe: 1.25 oder kleiner.
8. » »	11.32	10.74	11.32	10.79	+0.4260	+1.2289	−0.0077	+1.2212*	
11. » »	11.56	10.88	11.54	10.88	+0.8029				
15. » »	11.48	10.90	11.50	10.91	+0.7682	+1.2274	−0.0086	+1.2188*	
19. » »	11.59	10.97	11.65	10.99	+0.4592	+1.2280	−0.0054	+1.2226*	
23. » »	11.78	11.11	11.81	11.11	+0.7688				
6. X. »	11.65	11.31	11.64	11.31	+0.8426	+1.2576	−0.0053	+1.2523	
8. » »	11.79	11.31	11.78	11.31	+0.4150	+1.2589	−0.0075	+1.2514	
10. » »	11.75	11.31	11.74	11.31	+0.8439	+1.2479	−0.0103	+1.2376	
12. » »	11.74	11.31	11.75	11.31	+0.4040	+1.2407	−0.0057	+1.2350	
13. » »	11.81	11.33	11.82	11.33	+0.8367				
16. » »	11.81	11.35	11.82	11.36	−0.5697	+1.2296	−0.0035	+1.2261	
17. » »	11.82	11.39	11.82	11.38	+1.7993	+1.2261	−0.0071	+1.2190	
20. » »	11.67	11.30	11.65	11.31	−0.5732	+1.1837	−0.0037	+1.1800	
22. » »	11.69	11.31	11.70	11.31	+1.7569	+1.2544	−0.0042	+1.2502	
23. » »	11.72	11.31	11.72	11.31	−0.5025				

Datum	Temperatur zu Anfang ϑ_o	ϑ_u	zu Ende ϑ_o	ϑ_u	α	$\Sigma\alpha$	$\Sigma\Phi$	Resultat: $\Sigma\alpha+\Sigma\Phi$	Bemerkungen über den Einflufs der Temperatur-differenzen
16. XI. 91	9.83	9.94	9.87	9.96	+0.9251	+1.2793	+0.0023	+1.2816	16.-19. XI. $\frac{d\vartheta_o}{dt} > 0$ grofse Werthe.
17. " "	9.91	10.01	9.95	10.01	+0.3542	+1.2693	+0.0032	+1.2661	
19. " "	9.96	9.98	9.94	10.00	+0.9151				
8. II. 92	7.46	7.73	7.47	7.74	+0.1290	+1.2772	−0.0012	+1.2760*	$\vartheta_o < \vartheta_u$; Werthe meist > 1.25 (18 Werthe > 1.25; 5 Werthe < 1.25). — 8.-12. II. ebenso.
12. " "	7.50	7.72	7.48	7.72	+1.1482				
5. III. "	6.94	7.31	6.92	7.31	+0.0634	+1.2549	+0.0067	+1.2616	5.-8. III. $\frac{d\vartheta_o}{dt} < 0$ kleinere Werthe.
7. " "	6.68	7.14	6.64	7.14	+1.1915	+1.2185	+0.0040	+1.2225	
8. " "	6.63	7.11	6.60	7.11	+0.0270				
14. " "	6.80	7.04	6.80	7.13	+2.2337	+1.2862	+0.0067	+1.2929	14.-16. $\frac{d\vartheta_o}{dt} > 0$ gröfsere Werthe.
15. " "	6.94	7.15	6.99	7.20	−0.9475	+1.2852	+0.0017	+1.2869	
16. " "	6.95	7.13	6.93	7.18	+2.2327				
26. " "	7.07	7.29	7.06	7.29	+2.2933	+1.2610	+0.0005	+1.2615	26. III.-4. IV. $\frac{d\vartheta_o}{dt}$ nur langsam steigend.
28. " "	7.10	7.33	7.11	7.33	−1.0323	+1.2797	−0.0022	+1.2775	
29. " "	7.18	7.37	7.20	7.39	+2.3120	+1.2596	+0.0070	+1.2666	
30. " "	7.22	7.38	7.21	7.38	−1.0524	+1.2475	+0.0020	+1.2495	
31. " "	7.21	7.40	7.20	7.41	+2.2999	+1.2644	−0.0015	+1.2629	
1. IV. "	7.22	7.41	7.22	7.41	−1.0355	+1.2583	+0.0007	+1.2590	
2. " "	7.25	7.43	7.26	7.43	+2.2938	+1.2293	−0.0005	+1.2288	
4. " "	7.28	7.43	7.28	7.43	−1.0645				
16. " "	7.38	7.53	7.37	7.54	+0.7117	+1.2231	+0.0070	+1.2301*	16.-23. IV. zu Anfang $\frac{d\vartheta_o}{dt} < 0$ klein. Werthe. vom 20. ab $\frac{d\vartheta_o}{dt} > 0$ gröfsere Werthe.
19. " "	7.35	7.53	7.36	7.53	+0.5114	+1.2091	−0.0014	+1.2077*	
20. " "	7.35	7.53	7.36	7.53	+0.6977	+1.2583	+0.0014	+1.2597	
21. " "	7.36	7.53	7.36	7.53	+0.5606	+1.2622	+0.0023	+1.2647	
22. " "	7.37	7.54	7.37	7.54	+0.7016	+1.2761	+0.0013	+1.2774	
23. " "	7.38	7.57	7.37	7.56	+0.5745				
28. " "	7.37	7.52	7.37	7.53	+0.6225	+1.2651	−0.0036	+1.2615*	28. IV.-18. V. zu Anfang ϑ_o nahe constant; gegen Schlufs stark steigend: gröfsere Werthe.
10. V. "	7.36	7.53	7.36	7.53	+0.6426	+1.2558	+0.0039	+1.2597*	
13. " "	7.38	7.59	7.40	7.59	+0.6132	+1.2810	+0.0108	+1.2918*	
16. " "	7.40	7.60	7.40	7.60	+0.6678	+1.2946	+0.0067	+1.3013*	
18. " "	7.48	7.62	7.50	7.63	+0.6268				
8. VI. "	8.21	8.16	8.22	8.17	Mittel:				$\vartheta_o > \vartheta_u$; kleiner Werth.
15. VI. "	8.32	8.27	8.35	8.28	+0.5843	+1.2137	Mittel: +0.0004	+1.2141*	
20. " "	8.40	8.35	8.43	8.36	+0.6294				
21. " 95	8.48	8.39	8.50	8.40	−1.2486	+1.2562	+0.0035	+1.2597	$\vartheta_o > \vartheta_u$; Mittel 1.2400. — 21. und 24. VI. ϑ_o nimmt während der Beobachtungsreihe stark zu; grofser Werth gegen die folgenden.
24. " "	8.57	8.48	8.59	8.49	+2.5048				
2. VII. "	9.09	8.79	9.11	8.81	−1.2416	+1.2630	−0.0076	+1.2554	4. VII.-18. X. kein Einflufs von $\frac{d\vartheta_o}{dt}$ erkennbar.
4. " "	9.12	8.87	9.12	8.88	+2.5046	+1.2331	+0.0002	+1.2333	
6. " "	9.16	8.94	9.17	8.95	−1.2715	+1.2405	+0.0075	+1.2480	
10. " "	9.19	8.99	9.20	9.00	+2.5120	+1.2330	−0.0023	+1.2307	
15. " "	9.35	9.11	9.37	9.11	−1.2790	+1.2389	−0.0049	+1.2340	
16. " "	9.39	9.17	9.41	9.18	+2.5179	+1.2434	−0.0019	+1.2415	
20. " "	9.47	9.26	9.49	9.26	−1.2745	+1.2234	+0.0044	+1.2278	
22. " "	9.56	9.30	9.57	9.30	+2.4979				

Datum	Temperatur zu Anfang ϑ_o	Temperatur zu Anfang ϑ_u	Temperatur zu Ende ϑ_o	Temperatur zu Ende ϑ_u	α	$\Sigma\alpha$	$\Sigma\Phi$	Resultat: $\Sigma\alpha + \Sigma\Phi$	Bemerkungen über den Einfluſs der Temperaturdifferenzen
25. VII. 95	9.66	9.38	9.67	9.39	+3.2695	+1.2440	−0.0082	+1.2358	
27. " "	9.77	9.48	9.80	9.48	−2.0255	+1.2438	−0.0070	+1.2368	
30. " "	9.97	9.60	9.98	9.60	+3.2693	+1.2477	−0.0059	+1.2418	
1. VIII. "	10.03	9.68	10.05	9.68	−2.0216				
14. X. "	11.11	10.86	11.10	10.86	−1.9787	+1.2329	−0.0034	+1.2295	
15. " "	11.10	10.87	11.10	10.87	+3.2116	+1.2349	+0.0107	+1.2456	
18. " "	10.77	10.70	10.76	10.68	−1.9767	+1.2435	+0.0176	+1.2611	18. X.-13. XII. $\frac{d\vartheta_o}{dt} < 0$ Werthe kleiner als die nächstfolgenden.
22. " "	10.43	10.47	10.42	10.47	+3.2202	+1.2611	+0.0038	+1.2639	
28. " "	9.98	10.10	9.97	10.10	−1.9591	+1.2712	−0.0017	+1.2695	
29. " "	9.94	10.07	9.93	10.06	+3.2303				
25. XI. "	9.75	9.80	9.74	9.80	+1.6815	+1.2331	−0.0048	+1.2283	$\vartheta_o < \vartheta_u$; Mittel 1.2467.
28. " "	9.36	9.56	9.35	9.56	−0.4484	+1.2350	−0.0006	+1.2344	
29. " "	9.37	9.55	9.37	9.56	+1.6834	+1.2521	−0.0028	+1.2493	
3. XII. "	9.08	9.28	9.08	9.28	−0.4313	+1.2081	+0.0371	+1.2452	
7. " "	9.05	9.20	9.06	9.20	+1.6394	+1.1971	+0.0348	+1.2319	
12. " "	8.97	9.13	8.97	9.13	−0.4423	+1.2199	+0.0254	+1.2453	
13. " "	8.97	9.13	8.97	9.13	+1.6622				
21. I. 96	7.40	7.68	7.42	7.68	−0.1396	+1.2674	+0.0077	+1.2751	21.-24. I. $\frac{d\vartheta_o}{dt} > 0$ gröſserer Werth.
24. " "	7.42	7.68	7.41	7.68	+1.4070	+1.2662	+0.0068	+1.2730	
28. " "	7.26	7.58	7.26	7.58	−0.1408	+1.2517	+0.0042	+1.2559	
31. " "	7.10	7.46	7.09	7.46	+1.3925	+1.2341	+0.0095	+1.2426	
4. II. "	7.18	7.48	7.19	7.48	−0.1584	+1.2062	+0.0093	+1.2155	
7. " "	7.16	7.46	7.16	7.46	+1.3646	+1.2096	−0.0010	+1.2086	
10. " "	7.18	7.48	7.20	7.48	−0.1550				

Die letzte Columne dieser Tabelle macht auf einen doppelten Einfluſs der Temperaturverhältnisse auf die Resultate aufmerksam.

Erstens sind die bei $\vartheta_o > \vartheta_u$ erhaltenen Werthe meist kleiner als die bei $\vartheta_o < \vartheta_u$. Dieſs ist dieselbe Abhängigkeit, wie sie nach dem Abschnitt A dieses Capitels die Resultate der Verticalvertauschungen zeigen, und es lag daher nahe, auch dieselbe Ursache für diese Erscheinung anzusprechen. Dann muſs man annehmen, daſs nach der am Schluſs eines Tages mit Horizontalvertauschungen vorgenommenen Verticalvertauschung die Kilokugeln bis zur folgenden Wägungsreihe in ihrem neuen Niveau noch nicht ganz die Temperatur der dortigen Luft angenommen haben. Denselben Erfolg würde aber auch Condensation der Luftfeuchtigkeit an einer kälteren Kugel, die in wärmere Luft umgesetzt wird, haben; die Annahme einer stark adsorbirenden Oberfläche der Kilokugeln würde von deren Vergoldung bez. Verplatinirung her sehr plausibel sein und das tagelange Haften der

condensirten Schichten gut erklären, zugleich wegen der individuellen Verschiedenheiten der Kugeln Anlaſs geben, daſs der Einfluſs je nach der Kugelcombination bald stärker, bald schwächer sich geltend machen könnte.

Zweitens sind die bei steigender Temperatur gewonnenen Resultate meist gröſser als die bei fallender Temperatur. Dieſs entspricht dem S. 70 dieses Capitels besprochenen, durch die Veränderungen von ϑ_o bedingten Einflusse, dessen starkes Auftreten bei rapidem Temperaturabfall zur Anbringung des zweiten Bretterverschlages führte.

Ob diese Wirkungen der örtlichen und zeitlichen Temperaturdifferenzen thatsächlich vorhanden sind und die Vermuthung ihres Vorhandenseins nicht nur auf Täuschung beruht, kann nur durch specialisirte Berechnung entschieden werden, deren Ausführung zusammen mit derjenigen für die Wägungen mit Bleiklotz weiter unten (unter 3.) besprochen wird.

2. Wägungen mit Bleiklotz.

Den allgemeinen Bemerkungen auf S. 71 dieses Capitels ist für die folgende Zusammenstellung nichts weiter hinzuzufügen.

Datum	Temperatur zu Anfang		zu Ende		α	$\Sigma\alpha$	$\Sigma\Phi$	Resultat: $\Sigma\alpha+\Sigma\Phi$	Bemerkungen über den Einfluſs der Temperaturdifferenzen
	ϑ_o	ϑ_u	ϑ_o	ϑ_u					
11. X. 92	11.74	11.47	11.73	11.48	−0.0379	−0.1067	−0.0023	−0.1090*	11.-13.X. $\vartheta_o > \vartheta_u$ absolute Werthe gröſser als der folgende.
12. » »	11.72	11.46	11.72	11.47	−0.0688	−0.1472	−0.0040	−0.1512*	
13. » »	11.70	11.45	11.69	11.46	−0.0784				
24. I. 93	4.98	5.70	4.96	5.68	−1.5624	−0.0634	+0.0038	−0.0596*	$\vartheta_o << \vartheta_u$; sehr kleiner abs. Werth.
26. » »	5.24	5.70	5.25	5.70	+1.4990				
2. II. »	5.70	5.99	5.74	6.00	+1.4529	−0.1256	+0.0126	−0.1130*	ϑ_o wächst vom 7. zum 13.II. und während des 13. sehr stark: groſser abs. Werth.
4. » »	5.85	6.10	5.85	6.10	−1.5785	−0.1596	+0.0094	−0.1502*	
7. » »	5.75	6.10	5.74	6.10	+1.4189	−0.1714	−0.0027	−0.1741*	
13. » »	6.06	6.31	6.10	6.30	−1.5903				
18. » »	6.29	6.48	6.34	6.49	−1.5540	−0.1264	+0.0114	−0.1150*	ϑ_o wächst vom 2. zum 3.III. sehr stark: groſser abs. Werth.
21. » »	6.45	6.60	6.48	6.61	+1.4276	−0.1175	+0.0023	−0.1152*	
23. » »	6.51	6.69	6.56	6.69	−1.5451	−0.1209	−0.0019	−0.1228*	
2. III. »	6.53	6.71	6.56	6.71	+1.4242	−0.1647	+0.0012	−0.1635*	
3. » »	6.63	6.75	6.64	6.76	−1.5889				
11. » »	6.73	6.87	6.74	6.87	−1.5356	−0.1056	+0.0071	−0.0985*	Kleiner abs. Werth bei $\vartheta_o < \vartheta_u$ und sehr constanter Temperatur.
14. » »	6.74	6.92	6.75	6.91	+1.4300				
23. » »	6.84	7.01	6.81	7.01	−1.6305	−0.1280	−0.0018	−0.1298*	
25. » »	6.81	7.00	6.81	7.00	+1.5025				

Datum	Temperatur zu Anfang ϑ_o	Temperatur zu Anfang ϑ_u	Temperatur zu Ende ϑ_o	Temperatur zu Ende ϑ_u	α	$\Sigma\alpha$	$\Sigma\Phi$	Resultat: $\Sigma\alpha+\Sigma\Phi$	Bemerkungen über den Einflufs der Temperatur-differenzen
18. V. 93	7.43	7.48	7.43	7.48	+1.4232	−0.1368	+0.0010	−0.1358	19. auf 24. V. und am 24. wächst ϑ_o stark: grofse abs. Werthe.
19. " "	7.46	7.48	7.48	7.49	−1.5600	−0.1514	+0.0011	−0.1503	
24. " "	7.74	7.65	7.78	7.66	+1.4086	−0.1185	+0.0015	−0.1170	
25. " "	7.81	7.69	7.84	7.69	−1.5271	−0.1102	−0.0015	−0.1117	
26. " "	7.86	7.73	7.86	7.73	+1.4169				
30. " "	7.88	7.82	7.86	7.82	+1.3154	−0.1167	−0.0011	−0.1178	
31. " "	7.86	7.86	7.86	7.86	−1.4321	−0.1301	−0.0047	−0.1348	
6. VI. "	7.96	7.96	7.96	7.96	+1.3020	−0.1463	−0.0015	−0.1478	
9. " "	7.97	7.98	8.00	7.98	−1.4483				9. VI. ϑ_o wächst stark während des Tages; grofser abs. Werth.
19. " "	8.33	8.18	8.36	8.19	−1.3508	−0.1122	+0.0025	−0.1097	
23. " "	8.52	8.38	8.55	8.38	+1.2386				
28. IX. "	10.93	10.66	10.93	10.65	−0.5856	−0.1237	−0.0018	−0.1255	
2. X. "	10.98	10.66	11.00	10.66	+0.4619	−0.1014	−0.0129	−0.1143	
4. " "	11.04	10.70	11.04	10.70	−0.5633	−0.1097	−0.0076	−0.1173	
5. " "	11.03	10.70	11.05	10.71	+0.4536	−0.1330	+0.0059	−0.1271	
7. " "	11.05	10.74	10.07	10.74	−0.5866	−0.1118	−0.0028	−0.1146	
9. " "	11.09	10.75	11.13	10.76	+0.4748	−0.1215	−0.0008	−0.1223	ϑ_o wächst stark vom 9. zum 11. X.; grofse abs. Werthe.
10. " "	11.18	10.78	11.19	10.78	−0.5963	−0.1313	−0.0077	−0.1390	
11. " "	11.21	10.80	11.22	10.80	+0.4650	−0.1376	−0.0044	−0.1420	
13. " "	11.21	10.85	11.21	10.85	−0.6026	−0.1243	−0.0038	−0.1281	
18. " "	11.23	10.91	11.22	10.91	+0.4783	−0.1341	+0.0048	−0.1293	
19. " "	11.18	10.93	11.18	10.93	−0.6124				
24. XI. "	9.79	9.85	9.78	9.86	−0.5576	−0.1208	+0.0075	−0.1133	
29. " "	9.66	9.74	9.65	9.76	−0.4368				
17. I. 94	7.34	7.70	7.35	7.70	−1.6483	−0.1079	+0.0061	−0.1018	
22. " "	7.56	7.77	7.57	7.77	+1.5404				
14. II. "	7.75	7.95	7.75	7.95	−0.7088	−0.1088	+0.0225	−0.0863	14.-24. II. ϑ_o nimmt stark ab: kleine abs. Werthe.
21. " "	7.27	7.65	7.26	7.66	+0.6000	−0.1106	+0.0205	−0.0901	
24. " "	7.16	7.50	7.15	7.50	−0.7106	−0.1189	+0.0010	−0.1179	
26. " "	7.17	7.48	7.20	7.48	+0.5917	−0.1235	−0.0058	−0.1293	26. II.-16. III. ϑ_o nimmt zu; grofse absolute Werthe.
28. " "	7.24	7.48	7.26	7.48	−0.7152	−0.1358	+0.0019	−0.1339	
2. III. "	7.26	7.48	7.27	7.49	+0.5794	−0.1503	+0.0202	−0.1301	
7. " "	7.30	7.53	7.33	7.53	−0.7297	−0.1444	+0.0062	−0.1382	
10. " "	7.34	7.56	7.34	7.56	+0.5853	−0.1400	−0.0007	−0.1407	
12. " "	7.36	7.56	7.37	7.57	−0.7253	−0.1359	−0.0006	−0.1365	
16. " "	7.38	7.59	7.38	7.59	+0.5894	−0.1022	−0.0198	−0.1220	16.-19. III. ϑ_o nimmt ab; kleinerer abs. Werth.
19. " "	7.37	7.58	7.36	7.58	−0.6916				
2. IV. "	7.41	7.58	7.40	7.58	−1.7280	−0.1448	−0.0066	−0.1514	19. III. - 11. IV. ϑ_o nimmt zu; gröfsere abs. Werthe.
5. " "	7.40	7.59	7.42	7.59	+1.5832	−0.1393	−0.0021	−0.1414	
7. " "	7.42	7.60	7.44	7.60	−1.7225	−0.1288	+0.0003	−0.1285	
9. " "	7.44	7.62	7.46	7.62	+1.5937	−0.1469	+0.0012	−0.1457	
11. " "	7.48	7.65	7.48	7.65	−1.7406				

(Bracket 24. V. – 19. X.: $\vartheta_o > \vartheta_u$ Mittel: 0.1249. Bracket 24. XI. – 11. IV.: $\vartheta_o < \vartheta_u$; Mittel: 0.1254. Die Mittel dieser beiden Gruppen sind als gleich anzusehen, so dafs hier kein Einflufs erkennbar.)

Datum	Temperatur zu Anfang ϑ_o	Temperatur zu Anfang ϑ_u	Temperatur zu Ende ϑ_o	Temperatur zu Ende ϑ_u	α	$\Sigma\alpha$	$\Sigma\Phi$	Resultat: $\Sigma\alpha+\Sigma\Phi$		Bemerkungen über den Einfluſs der Temperaturdifferenzen
21. VI. 94	8.67	8.60	8.72	8.60	+1.7166	−0.1380	+0.0052	−0.1328	$\vartheta_o > \vartheta_u$. Kein abs. Werth unter 0.10. Neun über 0.13. Mittel: 0.1347.	
23. " "	8.77	8.66	8.77	8.66	−1.8546	−0.1177	−0.0017	−0.1194		
27. " "	8.87	8.75	8.89	8.76	+1.7369	−0.1197	−0.0076	−0.1273		
23. VII. "	9.80	9.50	9.82	9.50	−1.8566	−0.1235	+0.0040	−0.1195		
4. VIII. "	10.27	9.88	10.28	9.88	+1.7331	−0.1044	−0.0030	−0.1074		
7. " "	10.37	9.98	10.38	9.98	−1.8375					
17. " "	10.65	10.27	10.68	10.25	−1.8405	−0.1300	+0.0030	−0.1270		
20. " "	10.72	10.32	10.73	10.33	+1.7105	−0.1375	−0.0007	−0.1382		
22. " "	10.75	10.37	10.76	10.38	−1.8480	−0.1156	−0.0126	−0.1282		Einfluſs von $\frac{d\vartheta_o}{dt}$ in dieser Gruppe nicht zu erkennen.
25. " "	10.78	10.41	10.80	10.41	+1.7324	−0.1441	−0.0096	−0.1537		
4. IX. "	10.97	10.60	10.97	10.60	−1.8764	−0.1333	−0.0049	−0.1382		
5. " "	10.98	10.61	10.98	10.61	+1.7432					
11. " "	10.98	10.66	10.98	10.66	+3.2998	−0.1414	−0.0040	−0.1454		
14. " "	10.98	10.67	10.98	10.67	−3.4412	−0.1554	−0.0024	−0.1578		
15. " "	10.96	10.66	10.95	10.66	+3.2858	−0.1384	+0.0019	−0.1365		
18. " "	10.95	10.67	10.96	10.67	−3.4242	−0.1549	+0.0038	−0.1511		
19. " "	10.97	10.66	10.98	10.66	+3.2693					
5. XI. "	10.38	10.30	10.38	10.30	−3.2884	−0.1501	−0.0023	−0.1524		
7. " "	10.40	10.28	10.40	10.29	+3.1383					
19. " "	10.26	10.18	10.26	10.18	+3.1743	−0.1214	+0.0009	−0.1205	$\vartheta_o < \vartheta_u$. Acht abs. Werthe unter 0.10. Keiner über 0.13. Mittel: 0.1047.	22. XI. - 15. XII. ϑ nimmt stark ab. Kleine abs. Werthe.
22. " "	10.25	10.17	10.25	10.17	−3.2957	−0.1019	+0.0044	−0.0975		
3. XII. "	9.80	9.88	9.80	9.88	+3.1938	−0.1026	+0.0036	−0.0990		
10. " "	9.48	9.67	9.47	9.66	−3.2964	−0.1175	+0.0239	−0.0936		
15. " "	9.17	9.38	9.17	9.38	+3.1789					
15. I. 95	8.06	8.34	8.06	8.36	+1.1962	−0.1278	+0.0130	−0.1148		15.-22. I. ϑ_o nimmt etwas zu. Gröſsere abs. Werthe.
18. " "	8.06	8.32	8.06	8.32	−1.3240	−0.1008	−0.0056	−0.1064		
19. " "	8.10	8.31	8.11	8.30	+1.2232	−0.0953	−0.0073	−0.1026		
22. " "	8.12	8.31	8.12	8.30	−1.3185	−0.1115	+0.0229	−0.0886		Vom 22. an nimmt ϑ_o ab: kleinere Werthe.
25. " "	8.08	8.30	8.06	8.30	+1.2070	−0.1016	+0.0169	−0.0847		
26. " "	8.06	8.28	8.06	8.28	−1.3086	−0.0902	−0.0224	−0.1126		
29. " "	7.57	8.08	7.56	8.08	+1.2184	−0.1252	+0.0007	−0.1245		
31. " "	7.34	7.88	7.34	7.88	−1.3436	−0.1372	+0.0111	−0.1261		
5. II. "	7.21	7.61	7.19	7.63	+1.2064	−0.1335	+0.0080	−0.1255		
8. " "	6.75	7.38	6.73	7.38	−1.3399	−0.1133	+0.0078	−0.1055		
9. " "	6.58	7.24	6.56	7.26	+1.2266					
20. " "	6.07	6.49	6.09	6.50	−2.5324	−0.1122	+0.0095	−0.1027		20. II. - 4. III. bei zunehmendem ϑ_o gröſsere Werthe als vom 4. zum 7. III. bei abnehmendem.
22. " "	6.16	6.54	6.18	6.54	+2.4202	−0.1041	+0.0075	−0.0966		
23. " "	6.23	6.57	6.25	6.57	−2.5243	−0.1338	+0.0161	−0.1177		
26. " "	6.28	6.62	6.29	6.61	+2.3905	−0.1338	+0.0050	−0.1288		
1. III. "	6.35	6.69	6.36	6.69	−2.5243	−0.1051	+0.0061	−0.0990		
4. " "	6.38	6.71	6.39	6.71	+2.4192	−0.0789	+0.0166	−0.0623		
7. " "	6.35	6.69	6.33	6.69	−2.4981					

Der Einfluſs der örtlichen und zeitlichen Temperaturdifferenzen ist auch hier, wie in der letzten Columne angegeben, zu bemerken. Die algebraischen Werthe zeigen dieselbe (die absoluten die entgegengesetzte) Abhängigkeit von $\vartheta_o - \vartheta_u$, wie die Resultate ohne Bleiklotz. Dagegen zeigen die algebraischen Werthe die entgegengesetzte (die absoluten dieselbe) Abhängigkeit von den zeitlichen Temperaturschwankungen, speciell von $d\vartheta_o/dt$, wie bei den Wägungen ohne Bleiklotz. Dieses auf den ersten Anblick stutzig machende Ergebniſs ist doch nothwendig zu erwarten. Die Abhängigkeit der Wägungsresultate von $d\vartheta/dt$ bei Abwesenheit des Bleiklotzes beruhte darauf, daſs Luft und Gewichtskugeln im Wagekasten thermisch zurückblieben gegen die Luft im übrigen Zinkkasten. Jetzt ist aber fast der ganze übrige Zinkkasten ausgefüllt durch den thermisch trägen Bleiklotz, und nun wird umgekehrt die Temperatur in dem Theile des Zinkkastens, welcher von der Auſsenseite des Beobachtungslocales am weitesten entfernt ist, und in welchen die oberen Kugeln bei der Vertauschung hinein müssen, zurückbleiben gegen die Temperatur der Luft und der Kugeln in dem weiter nach auſsen befindlichen Wagekasten. Der Einfluſs von $d\vartheta/dt$ muſs sich also in entgegengesetztem Sinne geltend machen als bei Abwesenheit des Bleiklotzes.

Es gilt aber auch hier, daſs über das thatsächliche Vorhandensein der wie vorstehend vermutheten Temperatureinflüsse nur die exacte zahlenmäſsige Behandlung, welche im folgenden Abschnitte gegeben ist, entscheiden kann.

3. Ausgleichungsrechnung.

Der störende Einfluſs der Temperaturverhältnisse, wenn er wirklich vorhanden war, muſste nicht nur die Streuung der Einzelwerthe vergröſsern, sondern auch den Mittelwerth fälschen, wenn die einzelnen Wägungen nicht vollkommen gleichmäſsig über alle Jahreszeiten vertheilt sind. Eine solche Beeinflussung hat bei dem in unserer Mittheilung vom 23. März 1893 angegebenen Werthe für die doppelte Abnahme des Gewichtes $\mathfrak{M}$ mit der Höhe stattgefunden. Bei der überwiegenden Mehrzahl der damaligen Wägungen war $\vartheta_o < \vartheta_u$ (Winter 1891/92); in Folge dessen ist der aus ihnen abgeleitete Mittelwerth um $0^{\text{mg}}.0140$ zu groſs. Dieſs konnte erst erkannt werden, nachdem auch die nach Abbruch des Bleiklotzes angestellten Wägungen vorlagen. Eine solche Beeinflussung muſs unbedingt vermieden werden; dieſs geschieht in folgender Weise durch rechnerische Bestimmung und Elimination des Einflusses von $\vartheta_o - \vartheta_u$ und von $d\vartheta/dt$ auf die Beobachtungen.

Den mit diesem Einflufs behafteten Werth der Gewichtsdifferenz nennen wir p. Den wahren dieser Einflüsse entkleideten Werth von p nennen wir p_o. p ist dann Function jener beiden Variabeln, und da deren Einflufs nur klein ist, kann p gleichgesetzt werden p_o plus zwei Gliedern, von denen das eine $(\vartheta_o - \vartheta_u)$, das andere $d\vartheta/dt$ proportional ist. Für den Einflufs von $d\vartheta/dt$ kommt nach den voraufgehenden Erörterungen wesentlich ϑ_o in Betracht. Wenn aber auch die unteren Gewichtskugeln jedenfalls bei der Vertauschung weniger der Umgebung von anderer Temperatur ausgesetzt werden, so müssen doch auch für sie ähnliche Einflüsse von $d\vartheta/dt$ als möglich angenommen werden. Um dem Rechnung zu tragen, wurde daher ein Glied proportional $d\vartheta_o/dt$ und eins proportional $d\vartheta_u/dt$ angenommen; vollständig also gesetzt:

$$p = p_o + a(\vartheta_o - \vartheta_u) + b\frac{d\vartheta_o}{dt} + c\frac{d\vartheta_u}{dt} \qquad (12.)$$

Die Constanten p_o, a, b, c sind aus den Beobachtungen nach der Methode der kleinsten Quadrate zu berechnen.

Bei Aufstellung der Gleichungen zu diesem Zwecke ist zu beachten: jeder Werth von p geht aus den Wägungen zweier Tage hervor, die Temperaturen wurden abgelesen zu Anfang und zu Ende einer jeden 2–3 Stunden dauernden Wägungsreihe; bei einer Ablesung kann eine Veränderung von 0°01 nicht unzweifelhaft, eine Veränderung von 0°02 zweifellos erkannt werden. Hiernach wurden folgende Regeln festgesetzt:

1. Für $\vartheta_o - \vartheta_u$ wird der Mittelwerth für beide combinirte Arbeitstage, also aus 4 Einzelwerthen gesetzt.

2. Bei der Bildung der Differentialquotienten wird als Einheit für dt ein Tag gewählt. Die Differenz des Mittels von ϑ_o für den einen Tag gegen das Mittel für den andern Tag dividirt durch die Zahl der verstrichenen Tage gibt den »äufsern« Quotienten $d\vartheta_o/dt$. Die Differenz des Anfangs- und Endwerthes von ϑ_o für ein und denselben Tag dividirt durch $1/10$ (nämlich Tag) gibt bei jedem p zwei »innere« Quotienten $d\vartheta_o/dt$, die zu einem Mittel vereinigt werden.

3. Da die »inneren« Quotienten gerade zur mafsgebenden Zeit der Wägung die Temperaturänderung angeben, andererseits aber Temperaturänderungen von 0°01 nur unsicher erkannt werden, wird der definitive Werth von $d\vartheta_o/dt$ so aufgestellt, dafs:

   a) der Mittelwerth aus dem »äufsern« und »innern« Quotienten genommen wird, wenn die eine Tagesänderung 0°01 oder gröfser, die andere nicht gröfser als 0°01 ist;

b) nur der »innere« Quotient berücksichtigt wird, wenn beide Tagesänderungen 0°02 oder mehr betragen;

c) nur der »äufsere« Quotient berücksichtigt wird, wenn die eine Tagesänderung 0°00, die andere nicht gröfser als 0°01 gefunden wurde.

In analoger Weise wird der zu einem bestimmten p gehörige Werth von $d\vartheta_u/dt$ abgeleitet.

Nach diesen Mafsnahmen sind die Gleichungen zur Bestimmung der Constanten p_o, a, b, c angesetzt worden. Hierzu wurden aber nur die vollwerthigen, bei gutem Zustande der Wage gewonnenen Resultate benutzt. Die Wägungen ohne und mit Bleiklotz waren gesondert zu behandeln.

Aus den 52 vollwerthigen Resultaten ohne Bleiklotz ergibt sich:

$$p_o = +1^{mg}.2456 \qquad a = -0.0326 \qquad b = +0.0448 \qquad c = +0.0278.$$

Aus den 69 vollwerthigen Resultaten mit Bleiklotz ergibt sich:

$$p_o = -0^{mg}.1207 \qquad a = -0.0219 \qquad b = -0.0214 \qquad c = -0.0399.$$

Die Werthe, die sich für a, b, c ergeben haben, beweisen die reale Existenz des gemuthmafsten Einflusses der Temperaturdifferenzen; die Vorzeichen von a sind in beiden Fällen gleich und auch die Werthe ähnlich; dagegen die Vorzeichen von b entgegengesetzt, entsprechend der Vermuthung. Die Einführung des Gliedes mit $d\vartheta_u/dt$ ist unwesentlich; denn in fast allen Fällen ist $d\vartheta_u/dt$ ein kleiner Bruchtheil von $d\vartheta_o/dt$ mit demselben Zeichen wie dieses; man könnte daher in dem Ausdrucke für p setzen $d\vartheta_u/dt = \text{const} \times d\vartheta_o/dt$, wodurch das Glied mit $d\vartheta_u/dt$ wegfallen und dasjenige mit $d\vartheta_o/dt$ den Coefficienten $[b + \text{const} \times c]$ erhalten würde. Immerhin kann natürlich die dreiconstantige Formel sich den Beobachtungen noch besser anschliefsen. — Die Variabeln $\vartheta_o - \vartheta_u$ und $d\vartheta/dt$ nehmen Werthe bis zu 0.7 an; durch jede derselben kann daher eine Abweichung in p von p_o um $\pm 0^{mg}.02$ hervorgebracht werden.

Die Constanten p_o geben direct die von den Temperatureinflüssen gereinigten Schlufsresultate an. Um deren wahrscheinliche Fehler zu finden, ist jedes einzelne Resultat p mit Hülfe der abgeleiteten Werthe von a, b, c für die speciellen $(\vartheta_o - \vartheta_u)$ und $d\vartheta/dt$ zu corrigiren. Der wahrscheinliche Fehler des Mittels dieser corrigirten p ist dann derjenige von p_o und ihr Mittelwerth ist selbstverständlich gleich p_o selbst. In folgender Tabelle sind die sämmtlichen vollwerthigen Einzelresultate in chronologischer Reihenfolge wie die Tabellen auf S. 72 bis 77 dieses Capitels uncorrigirt und corrigirt

zusammengestellt; man sieht, wie die Correction insbesondere die extremen Werthe jedesmal dem Mittel nähert.

Ohne Bleiklotz.

uncorr. Resultat p	corr. Resultat p	uncorr. Resultat p	corr. Resultat p	uncorr. Resultat p	corr. Resultat p
+1.2523	1.2658	+1.2629	1.2568	+1.2295	1.2399
2514	2692	2590	2498	2456	2590
2376	2516	2288	2209	2611	2698
2350	2454	2597	2519	2649	2677
2261	2375	2645	2582	2695	2702
2190	2379	2774	2741	2283	2318
1800	1952	2597	2556	2344	2286
2502	2601	2554	2559	2493	2460
2816	2571	2333	2362	2452	2380
2661	2522	2480	2509	2319	2279
2616	2622	2307	2312	2453	2423
2225	2230	2340	2343	2751	2618
2929	2509	2415	2421	2730	2675
2878	2559	2278	2297	2559	2495
2615	2529	2358	2350	2436	2317
2775	2610	2368	2387	2155	2039
2666	2523	2418	2458	2086	1941
2495	2447				

Mit Bleiklotz.

uncorr. Resultat p	corr. Resultat p	uncorr. Resultat p	corr. Resultat p	uncorr. Resultat p	corr. Resultat p
−0.1358	0.1321	−0.1293	0.1296	−0.1365	0.1301
1503	1400	1339	1348	1511	1436
1170	1042	1301	1292	1524	1492
1117	1034	1382	1392	1205	1188
1178	1179	1407	1422	0975	0996
1348	1336	1365	1375	0990	1064
1478	1442	1220	1277	0936	1029
1097	0970	1514	1531	1148	1167
1255	1186	1414	1404	1064	1119
1143	1035	1285	1275	1026	1077
1173	1062	1457	1462	0886	0976
1271	1132	1328	1236	0847	0929
1146	0987	1194	1120	1126	1262
1223	1061	1273	1158	1245	1422
1390	1277	1195	1081	1261	1361
1420	1312	1074	0950	1255	1385
1281	1211	1270	1184	1055	1228
1293	1239	1382	1260	1027	1046
1133	1130	1282	1157	0966	0988
1018	1060	1537	1428	1177	1242
0863	0982	1382	1295	1288	1359
0901	0989	1454	1384	0990	1052
1179	1221	1578	1529	0623	0725

Die Vertheilung der corrigirten Werthe ist in den Figuren 2*a* und 2*b* graphisch dargestellt, in welchen die Werthintervalle als Abscissen, die Zahlen der in ihnen liegenden Einzelwerthe als Ordinaten eingetragen sind.

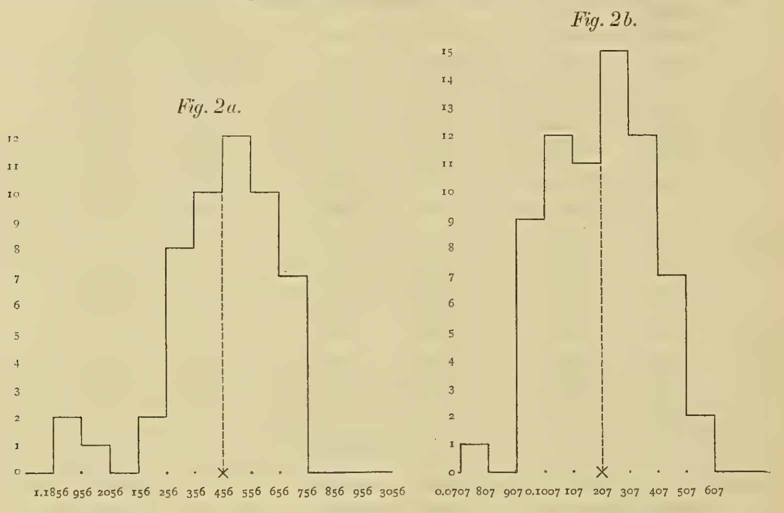


Fig. 2a. *Fig. 2b.*

So erhält man als Ergebnifs aller vollwerthigen Resultate:

ohne Bleiklotz $p_o = (+1.2456 \pm 0.0017)$ mg

mit einem wahrscheinlichen Fehler der Einzelbestimmung von ± 0.0120;

mit Bleiklotz $p_o = (-0.1207 \pm 0.0014)$ mg

mit einem wahrscheinlichen Fehler der Einzelbestimmung von ± 0.0115.

Hätte man die Beobachtungen ohne Ausgleich einfach zum arithmetischen Mittel vereinigt, so würde sich ergeben haben:

ohne Bleiklotz $(+1.2479 \pm 0.0020)$ mg
mit » (-0.1222 ± 0.0016) mg.

Die durch die Ausgleichungsrechnung bewirkte Verschiebung der Mittel der vollwerthigen Resultate beträgt also nur $0^{mg}.0023$, bez. $0^{mg}.0015$, der wahrscheinliche Fehler wird durch dieselbe aber verkleinert.

Die minderwerthigen Resultate wurden so behandelt, dafs jedes einzelne mit den oben abgeleiteten Werthen von a, b, c für den Einflufs

der Temperaturverhältnisse corrigirt wurde. So ergeben 21 Resultate ohne, und 12 mit Bleiklotz:

Ohne Bleiklotz.				Mit Bleiklotz.	
uncorr. Resultate	corr. Resultate	uncorr. Resultate	corr. Resultate	uncorr. Resultate	corr. Resultate
+1.2087	1.2103	+1.2188	1.2218	−0.1090	0.1062
2856	2864	2226	2206	1512	1450
2832	2855	2760	2705	0596	0772
2483	2371	2301	2236	1130	1106
2598	2870	2077	2000	1502	1580
2167	2262	2615	2549	1741	1763
2490	2576	2597	2480	1150	1071
2369	2402	2918	2808	1152	1073
2167	2169	3013	2901	1228	1179
1908	2080	2141	2035	1635	1595
2212	2363			0985	1023
				1298	1373

Aus den corrigirten Werthen findet man dann als Ergebniſs der minderwerthigen Resultate:

$$\text{ohne Bleiklotz } p_0 = (+1.2431 \pm 0.0045)\,\text{mg}$$

mit einem wahrscheinlichen Fehler der Einzelbestimmung von ± 0.0205;

$$\text{mit Bleiklotz } p_0 = (-0.1254 \pm 0.0053)\,\text{mg}$$

mit einem wahrscheinlichen Fehler der Einzelbestimmung von ± 0.0187.

Hier wären die arithmetischen Mittel der uncorrigirten p:

$$\begin{array}{ll} \text{ohne Bleiklotz} & +1.2429 \pm 0.0047 \\ \text{mit} \quad\;\; \text{»} & -0.1252 \pm 0.0061, \end{array}$$

also fast vollständig übereinstimmend.

Schlieſslich sind nun die ausgeglichenen Resultate der guten und der minderwerthigen Wägungsreihen nach Maſsgabe ihrer wahrscheinlichen Fehler zu vereinigen, und so erhält man als Gesammtresultat für die doppelte Abnahme des Gewichts unserer Masse ($\mathfrak{M} = 946685^{\text{mg}}$) mit der Höhe, bei Anwesenheit des Bleiklotzes »Gewicht« als die superponirte Wirkung von Schwere und Attraction zu verstehen:

$$\left.\begin{array}{ll} \text{ohne Bleiklotz:} & (+1.2453 \pm 0.0016)\,\text{mg (Gewicht)} \\ \text{mit} \quad\;\; \text{»} & (-0.1211 \pm 0.0014)\,\text{mg (Gewicht)} \end{array}\right\} \quad \ldots\ldots (13.)$$

Nach Gleichung (5.) (Cap. V S. 51) und der analogen Gleichung für Anwesenheit des Bleiklotzes folgt demnach:

$$\left.\begin{aligned} g_u - g_o &= 0.0_3 5183 \cdot (1.2453 \pm 0.0016 \ \tfrac{\text{cm}}{\text{sec}^2} \\ g_u - g_o - (k_o + k_u) &= -0.0_3 5183 \cdot (0.1211 \pm 0.0014) \tfrac{\text{cm}}{\text{sec}^2} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (13^a.)$$

Mithin durch Subtraction:

$$k_o + k_u = +0.0_3 5183 \cdot (1.3664 \pm 0.0021) \tfrac{\text{cm}}{\text{sec}^2} \ldots\ldots\ldots \quad (14.)$$

Diefs ist der experimentell gefundene Werth der Attraction.

Alle numerischen Rechnungen, welche zu diesen Resultaten führen, sind ebenso wie der aus dem Gravitationsgesetze berechnete Werth der Attraction des Bleiklotzes (Cap. IX) controlirt, theils durch doppelte Berechnung der einzelnen Werthe aus den Angaben unserer Protokollbücher, theils durch kritische Proben der Ausgleichungsrechnung. Bei allen diesen Zahlenrechnungen waren uns die HH. Cand. astron. Martin Ebell in Berlin und Dr. phil. Walter Leick in Greifswald in anerkennenswerther Weise behülflich.

Cap. VIII. Analytische Berechnung der Attractionen nach dem Newton'schen Gravitationsgesetze.

A. Analytische Bedeutung von k_u und k_o.

Der experimentellen Bestimmung der Gröfse $(k_u + k_o)$ durch Wägungen, deren Besprechung im vorigen Capitel bis zum Schlufsresultat, Gleichung (14.), geführt worden ist, steht nun gegenüber die Berechnung derselben Gröfse auf Grund des Newton'schen Gravitationsgesetzes, welches die gesuchte Gravitationsconstante G in die Betrachtung hineinbringt. Die Beschleunigungen k_o und k_u waren bisher kurz definirt worden als die Veränderungen, welche die irdische Schwere am Orte der oberen und der unteren Wageschalen durch die Anwesenheit des zwischen beiden aufgebauten Bleiklotzes erfährt. Die Bleimasse übt aber auf die Gewichtskugeln Anziehungskräfte aus, welche von der Verticalrichtung abweichen. Wenn die Bleimasse kugelförmig wäre, würden diese Kräfte nach dem Centrum gerichtet sein, also wegen der Länge des halben Wagebalkens ($l = 11^{cm}.7$) und wegen des halben Abstandes der oberen von den unteren Schalen (etwa 113^{cm}) eine Lothabweichung von etwa $5°.7$ zeigen. Bei der würfelähnlichen Gestalt des Bleies mufs eine kleine Abweichung vorhanden sein, deren Betrag schwierig genau zu berechnen ist. Jedenfalls betragen bei einer Zerlegung der Attractionskräfte in Vertical- und Horizontalcomponenten letztere weniger als $^1/_{10}$ der erstern. Zu den Verticalcomponenten addiren sich die 2 Millionen Mal gröfseren Schwerkräfte der Kilogramme; die Richtungen, in welchen die Schalen herab-

hängen, können deshalb von der Lothrichtung experimentell nicht unterschieden werden. Die Angriffspunkte der Kräfte können wir in die Seitenschneiden verlegen und dort die Componentenzerlegung vornehmen. Machen wir die hier gestatteten Annahmen, dafs die Wage genau gleicharmig ist, dafs die Schneiden mathematische Linien sind, dafs die Schwere überall dieselbe ist, dafs die Belastung rechts und links gleich und die Gehänge gewichtslos sind und dafs die Attractionen des Bleies oben und unten den gleichen Betrag und entgegengesetzt gleiche Richtung haben, so heben sich die von der Schwerkraft auf die Seitenschneiden ausgeübten Drehungsmomente heraus, die Verticalcomponenten k der Attraction liefern bei der Neigung α des Wagebalkens das Moment $2Mkl\cos\alpha$, die Horizontalcomponenten h liefern $2Mkl\sin\alpha$; dabei bedeutet M ein Kilogramm. Findet Gleichgewicht statt, so mufs die Summe beider Momente gleich dem entgegengesetzt drehenden Moment sein, welches die am Schwerpunkt des Balkens angreifende Schwerkraft ausübt. Ist μ die Masse des Balkens, s der Abstand des Schwerpunktes unter der Mittelschneide, so ist dieses Moment $\mu gs\sin\alpha$, also haben wir die Gleichung:

$$2Mkl\cos\alpha + 2Mhl\sin\alpha = \mu gs\sin\alpha$$

oder:

$$k = \left(\frac{\mu s}{2Ml}g - h\right)\operatorname{tang}\alpha.$$

Die Horizontalcomponente h vermischt sich also mit dem auf der rechten Seite als Factor von $\operatorname{tang}\alpha$ auftretenden Ausdruck, welcher die theoretische Empfindlichkeit der Wage bestimmt. Da aber die Empfindlichkeit bei den Wägungen empirisch durch Zulagegewichte gefunden wird, so ist darin der Einflufs von h bereits berücksichtigt. (Übrigens beträgt nach einer Schätzung h nur etwa $^1/_{2000}$ von dem Glied $\mu sg/2Ml$). Damit ist bewiesen, dafs unter den früher gebrauchten Gröfsen k_o und k_u die Verticalcomponenten der Attractionen zu verstehen sind, welche sich mit g_o und g_u zu gewöhnlichen algebraischen Summen vereinigen.

Bei der folgenden Berechnung sind die Gewichte wegen ihrer Kugelgestalt als Massenpunkte anzusehen. Den Bleiklotz werden wir als ein homogen mit Masse erfülltes rechtwinkeliges Parallelepiped mit lothrechten Seitenkanten betrachten, den Einflufs der beiden cylindrischen Durchbohrungen werden wir in einer besonderen Betrachtung berücksichtigen.

B. Attraction eines homogen mit Masse erfüllten rechtwinkeligen Parallelepipeds.

Wir nehmen ein cartesisches Coordinatensystem (x, y, z) an, dessen z-Axe verticale Richtung hat, und umgrenzen durch die Ebenen x_1 und x_2, y_1 und y_2, z_1 und z_2 einen »Klotz«. (Diefs Wort soll im folgenden immer an Stelle der Bezeichnung »rechtwinkeliges Parallelepiped« gebraucht werden.) Der Anfangspunkt des Axensystems soll aufserhalb des Klotzes liegen und die positive z-Axe soll den Klotz durchstechen; diese Bedingungen werden durch folgende Ungleichungen ausgedrückt:

$$x_1 < 0 < x_2$$
$$y_1 < 0 < y_2$$
$$0 < z_1 < z_2.$$

Den Klotz denken wir homogen mit Masse von der Dichtigkeit ρ erfüllt.

Das Potential der Anziehungskraft dieser Masse hat im Anfangspunkt den Werth

$$P = -G \cdot \rho \cdot \int_{x_1}^{x_2}\int_{y_1}^{y_2}\int_{z_1}^{z_2} \frac{dx \cdot dy \cdot dz}{r},$$

wo $r = +\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ zu setzen ist.

Die erste Integration nach x gibt unbestimmt ausgeführt:

$$\int \frac{dx}{r} = ln(x + r).$$

Die zweite Integration nach y erfordert die Ausführung von

$$J = \int ln(x + r) \cdot dy.$$

Durch partielle Integration findet man:

$$J = y \cdot ln(x + r) - \int \frac{y^2}{r \cdot (x + r)} \cdot dy.$$

Nun kann man folgende Zerlegung machen:

$$\frac{y^2}{r \cdot (x + r)} = 1 - \frac{x}{r} - \frac{z^2}{y^2 + z^2} + \frac{xz^2}{r \cdot (y^2 + z^2)},$$

welche liefert:

$$J = y \cdot ln(x+r) - y + x \cdot \int \frac{dy}{r} + z^2 \int \frac{dy}{y^2+z^2} - xz^2 \int \frac{dy}{r \cdot (y^2+z^2)}.$$

Von den drei Theilintegralen sind die beiden ersten sofort anzugeben:

$$\int \frac{dy}{r} = ln(y+r),$$

$$\int \frac{dy}{y^2+z^2} = \frac{1}{z} \operatorname{arctang} \frac{y}{z},$$

Das letzte kann durch Einführung einer neuen Variabelen $u = \frac{y}{r}$ bezwungen werden und liefert:

$$\int \frac{dy}{r \cdot (y^2+z^2)} = \frac{1}{xz} \operatorname{arctang} \frac{xy}{zr}.$$

Im ganzen findet man also:

$$J = y \cdot ln(x+r) - y + x \cdot ln(y+r) + z \cdot \operatorname{arctang} \frac{y}{x} - z \operatorname{arctang} \frac{xy}{zr}.$$

Mit den beiden logarithmischen Gliedern wollen wir sogleich noch eine Umformung vornehmen, welche zwar nicht gerade nothwendig, aber für die nachfolgende numerische Berechnung vortheilhaft ist. Es ist nämlich

$$x + r = \frac{y^2+z^2}{r-x},$$

also

$$y \cdot ln(x+r) = y \cdot ln(y^2+z^2) - y \cdot ln(r-x),$$

und ganz analog

$$x \cdot ln(y+r) = x \cdot ln(x^2+z^2) - x \cdot ln(r-y).$$

Dadurch erhält man:

$$J = y \cdot ln(y^2+z^2) + x \cdot ln(x^2+z^2) - y + z \cdot \operatorname{arctang} \frac{y}{z} - \left[x \cdot ln(r-y) + y \cdot ln(r-x) + z \cdot \operatorname{arctang} \frac{xy}{zr} \right].$$

Dieses unbestimmte Doppelintegral ist nun zwischen den vorgeschriebenen Integrationsgrenzen für x und y zu nehmen, also positiv für die oberen Grenzen x_2 und y_2, negativ für die unteren Grenzen x_1 und y_1. Insgesammt hat man einen Ausdruck zu bilden, der sich in symbolischer Schreibweise folgendermafsen zusammensetzt:

$$+ J(x_2, y_2) - J(x_1, y_2) - J(x_2, y_1) + J(x_1, y_1).$$

Bei diesen doppelten Differenzbildungen vernichten sich eine Anzahl von Gliedern des vorstehenden Ausdrucks J, nämlich alle diejenigen, in denen entweder x oder y fehlt. Diese Glieder sind in der vorstehenden Gleichung in der ersten Zeile der rechten Seite zusammengestellt. Um diese hat man sich nicht weiter zu kümmern; es bleiben nur die in der zweiten Zeile stehenden in eckige Klammer eingeschlossenen Antheile übrig. Wir wollen für die Summe der letzteren ein kurzes Functionszeichen einführen:

$$\phi(x, y, z) = \left[x \cdot ln(r - y) + y \cdot ln(r - x) + z \cdot \operatorname{arctang} \frac{xy}{zr}\right] \quad (15.)$$

Das Resultat der Rechnung ist jetzt:

$$P = + G \cdot \rho \cdot \int_{z_1}^{z_2} dz \cdot \{\phi(x_2, y_2, z) - \phi(x_1, y_2, z) - \phi(x_2, y_1, z) + \phi(x_1, y_1, z)\}.$$

Die Integration nach z werden wir nicht ausführen, da wir nicht das Potential selbst suchen, sondern die verticale z-Componente der Attractionsbeschleunigung, welche aus dem Potential durch eine Differentiation nach der z-Coordinate abgeleitet wird. Diese Differentiation pflegt man gewöhnlich in der Weise auszuführen, dafs man den Punkt, in welchem das Potential bestimmt ist und den man mit der Masse 1 besetzt denkt — den »Aufpunkt« nach einer Bezeichnung von Boltzmann — in der z-Richtung verschiebt. Da wir nun den Aufpunkt im Anfangspunkt der Coordinaten unverrückbar festgelegt haben, müssen wir, um dasselbe zu erreichen, den Klotz verschieben. Es ist also hier die Differentiation nach der oberen und unteren Integralgrenze auszuführen, und zwar in der Weise, dafs z_1 und z_2 gleiche Zuwachse erfahren. Wir erhalten daher als Differentialquotienten die Differenz des Integrandus gebildet für die obere und für die untere Grenze. Die Verticalbeschleunigung der Attraction wollen wir mit K bezeichnen. Es ist dann:

$$K = G \cdot \rho \cdot \left\{\begin{array}{l} \phi(x_2 y_2 z_2) - \phi(x_1 y_2 z_2) - \phi(x_2 y_1 z_2) + \phi(x_1 y_1 z_2) \\ - \phi(x_2 y_2 z_1) + \phi(x_1 y_2 z_1) + \phi(x_2 y_1 z_1) - \phi(x_1 y_1 z_1) \end{array}\right\} \quad (16.)$$

oder in durchsichtigerer Schreibweise:

$$K = G \cdot \rho \cdot \sum_{a, b, c = 1, 2} (-1)^{a+b+c} \cdot \phi(x_a, y_a, z_a)$$

Das Summenzeichen mit der Bemerkung $\mathfrak{a}, \mathfrak{b}, \mathfrak{c} = 1, 2$ bedeutet, daſs der unter dem Zeichen stehende Ausdruck für sämmtliche acht möglichen Combinationen der Zahlen 1 und 2 zu je drei gebildet werden soll.

C. Attraction von Kreiscylindern.

Wir brauchen sowohl wegen der röhrenförmigen Vertical-Durchbohrungen des Bleiklotzes als auch für eine im nächsten Capitel vorzunehmende kritische Betrachtung den analytischen Ausdruck der Attraction, welche ein homogener Massencylinder von kreisförmigem Querschnitt auf einen Punkt ausübt, welcher in der Verlängerung seiner Axe liegt. Dieser Aufpunkt bilde wiederum den Ursprung eines Coordinatensystems, die verticale z-Axe durchsteche auf ihrer positiven Seite den Cylinder in seiner Axe. Eintritt bei z_1, Austritt bei z_2. Im übrigen führen wir Cylindercoordinaten ein, also auſser der Abmessung z noch den Horizontalabstand q von der Axe und den von 0 bis 2π wachsenden Winkel ϑ. Die Massendichtigkeit sei wiederum ρ.

Das Potential der Gravitation des Cylinders ist im Aufpunkte:

$$\mathfrak{P} = -G \cdot \rho \cdot \int_{z_1}^{z_2} dz \int_0^q dq \int_0^{2\pi} d\vartheta \cdot \frac{q}{\sqrt{z^2 + q^2}}$$

oder nach Ausführung der leichten Integrationen nach ϑ und q

$$\mathfrak{P} = -2\pi G \cdot \rho \cdot \int_{z_1}^{z_2} dz \cdot (\sqrt{z^2 + q^2} - z).$$

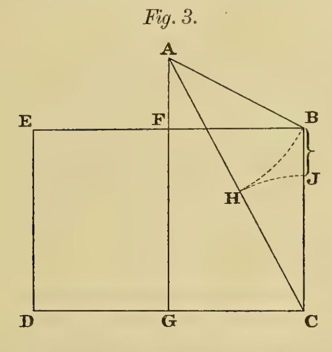
Die verticale Beschleunigung $\mathfrak{k}$ findet man durch eine ebensolche Differentiation von $\mathfrak{P}$ nach z, wie wir sie oben mit P vorgenommen haben. Man erhält:

$$\mathfrak{k} = 2\pi G\rho \cdot \left\{(z_2 - z_1) - \left(\sqrt{z_2^2 + q^2} - \sqrt{z_1^2 + q^2}\right)\right\} \tag{17.}$$

Die in der geschweiften Klammer eingeschlossene lineare Gröſse läſst eine einfache geometrische Construction zu, die durch Fig. 3 veranschaulicht wird. A ist der Aufpunkt, welcher in der Verlängerung der Cylinderaxe FG liegt. Der Cylinder selbst ist durch den Meridianschnitt $BCDE$ vertreten. Es ist $AF = z_1$, $AG = z_2$, $BC = (z_2 - z_1)$, $FB = GC = q$,

$AB = \sqrt{z_1^2 + q^2}$, $AC = \sqrt{z_2^2 + q^2}$. Die Construction besteht nun einfach darin, dafs man $AH = AB$ und dann $CJ = CH$ macht, wie diefs durch die beiden punktirten Kreisbögen angedeutet ist. Die Strecke BJ stellt dann die geschweifte Klammer obiger Gleichung dar, und kann als relatives Mafs der Attraction $\mathfrak{k}$ bei verschiedenen Dimensionen des Cylinders und verschiedener Höhe des Aufpunktes über demselben dienen, so lange die Dichtigkeit ρ der Masse die gleiche bleibt.

Fig. 3.



Will man nun nach dieser Formel die Attractionen berechnen, welche wegen der cylindrischen Bohrungen von den vorher gefundenen Gröfsen K abgezogen werden müsen, so tritt ein Übelstand auf: die Radien q dieser Bohrungen sind nämlich klein gegen die Abstände z_1 und z_2, deshalb unterscheiden sich die $\sqrt{z^2 + q^2}$ nur wenig von den entsprechenden z, die geschweifte Klammer besteht dann aus vier grofsen Summanden, die sich wegen der abwechselnden Vorzeichen bis auf einen verhältnifsmäfsig kleinen Rest vernichten. Die directe Verwendung dieser Formel wird daher für die Zahlenrechnung umständlich und ungenau. Man vermeidet diefs, wenn man die Wurzeln nach dem Binomialsatz in Potenzreihen von q entwickelt. Es ist:

$$\sqrt{z^2 + q^2} = z + \frac{q^2}{2z} - \frac{q^4}{8z_3} + \frac{q^6}{16z^5} - \frac{5q^8}{128z^7} + - \ldots,$$

folglich:

$$\sqrt{z_2^2 + q^2} - \sqrt{z_1^2 + q^2} = (z_2 - z_1) - \frac{q^2}{2} \cdot \left(\frac{1}{z_1} - \frac{1}{z_2}\right) + \frac{q^4}{8} \cdot \left(\frac{1}{z_1^3} - \frac{1}{z_2^3}\right) - + \ldots$$

und endlich

$$\mathfrak{k} = 2\pi G\rho \cdot \left\{\frac{q^2}{2} \cdot \left(\frac{1}{z_1} - \frac{1}{z_2}\right) - \frac{q^4}{8}\left(\frac{1}{z_1^3} - \frac{1}{z_2^3}\right) + - \ldots\right\}.$$

Der grofse Summand $(z_2 - z_1)$ ist jetzt verschwunden, das erste Glied der übrigbleibenden Reihe gibt diejenige Attraction, welche herrschen würde, wenn die Masse des Cylinders in seiner Axe gleichförmig verdichtet wäre. Die Längendichtigkeit λ dieser Massenlinie ist zu setzen:

$$\lambda = \pi q^2 \rho. \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (18.)$$

Der Fehler, welchen man bei der Berechnung begeht, wenn man die Bohrungen als fehlende Massenlinien betrachtet, ist wegen der abwechselnden Vorzeichen der Reihe kleiner als das zweite Glied:

$$2\pi G\rho\cdot\frac{q^4}{8}\cdot\left(\frac{1}{z_1^3}-\frac{1}{z_2^3}\right).$$

Die Gröfsenordnung dieses Gliedes kann geschätzt werden, wenn man für die Gravitationsconstante den runden Werth $G = \frac{2}{3}\cdot 10^{-7}$, für die Bleidichtigkeit $\rho = 11.3$, für den Radius der Cylinder $q = 2^{\text{cm}}$ und für z_1 den kleinern untern Abstand der Kugelcentra vom Bleiklotz $z_1 = 8^{\text{cm}}.7$ einführt. Der Bestandtheil $1/z_2^3$ ist dabei ganz ohne Bedeutung. Man findet dann etwa $0.0_7 16$ als Werth des zweiten Gliedes. Da aber der wahrscheinliche Fehler des Wägungs-Hauptresultates (Gl. 14 auf S. 84)

$$0.0_3 5183\cdot 0.0_2 21 = 0.0_5 1$$

beträgt, ist die Beschränkung auf das erste Glied der Reihe gerechtfertigt. Die Cylinder können also als Massenlinien betrachtet werden und ihre Beschleunigung $\mathfrak{k}$ erhält nach Einführung der Längendichtigkeit λ den Ausdruck:

$$\mathfrak{k} = G\lambda\cdot\left\{\frac{1}{z_1}-\frac{1}{z_2}\right\} \quad\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (19.)$$

Wir haben ferner die Verticalcomponente der Beschleunigung zu suchen, welche eine auf einer der rechten Schalen gelegene Masse durch die Anziehung der die linke Bohrung füllenden Bleimasse erfährt. Letztere betrachten wir ebenfalls als eine in der Axe des Cylinders verdichtete Massenlinie von der Längendichtigkeit λ. Der horizontale Abstand des Aufpunktes von dieser Cylinderaxe ist gleichzusetzen der Länge l des Wagebalkens von einer Seitenschneide bis zur anderen. Die Abmessungen z_1 und z_2 behalten denselben Sinn wie vorher. Das Gravitationspotential der Massenlinie in dem schräg gelegenen Aufpunkt ist:

$$\mathfrak{P}' = -G\lambda\cdot\int_{z_1}^{z_2}\frac{dz}{\sqrt{l^2+z^2}}.$$

Die Verticalbeschleunigung $\mathfrak{k}'$, durch die schon zweimal benutzte Differentiation nach z zu finden, ist:

$$\mathfrak{k}' = G\lambda\cdot\left\{\frac{1}{\sqrt{l^2+z_1^2}}-\frac{1}{\sqrt{l^2+z_2^2}}\right\} \quad\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (20.)$$

D. Analytischer Ausdruck für $(k_u + k_o)$.

Die Verticalbeschleunigung k, welche der zweifach durchbohrte Bleiklotz auf einen am Orte eines Kugelcentrums gedachten Massenpunkt ausübt, ist folgendermafsen zusammenzusetzen:

$$k = K - (\mathfrak{k} + \mathfrak{k}').$$

Man hat diesen Betrag für die oberen und unteren Orte der Kugelcentra getrennt zu berechnen, da diese nicht gleich weit vom Bleiklotz entfernt waren, also in beiden Fällen verschiedene Zahlen für z_1 und z_2 zu setzen sind. Dagegen hat eine Unterscheidung der Mefsungsdaten auf der rechten und linken Seite des Apparates keinen Sinn, da bei den Gaufs'schen Doppelwägungen im Innern jeder Reihe Vertauschungen zwischen rechts und links vorgenommen werden. Vielmehr sind bei der numerischen Berechnung die Mittelwerthe der auf beiden Seiten gefundenen Mafszahlen für z_1 und z_2 zu verwenden.

Führt man zur Unterscheidung auch an den K, $\mathfrak{k}$ und $\mathfrak{k}'$ die Indices o (oben) und u (unten) ein, so wird die zu berechnende Gröfse

$$k_u + k_o = K_u + K_o - (\mathfrak{k}_u + \mathfrak{k}_o + \mathfrak{k}'_u + \mathfrak{k}'_o) \ldots\ldots\ldots \quad (21.)$$

Die K folgen aus Gleichung (16.) mit Hinblick auf Gleichung (15.), die $\mathfrak{k}$ aus Gleichung (19.), die $\mathfrak{k}'$ aus Gleichung (20.). Damit ist der Gang der Zahlenrechnung vorgeschrieben.

Cap. IX. Ausmessungen am Apparat und numerische Berechnung.

Die im vorhergehenden Capitel entwickelten Ausdrücke für die Attractionen enthalten sämmtlich die zu bestimmende Gravitationsconstante als Factor. Alle übrigen Bestandtheile dieser Formeln mufsten durch besondere Messungen festgestellt werden, um dem Wägungsresultat $(k_u + k_o)$ einen Ausdruck gegenüberzustellen, der bis auf den unbekannten Factor G eine bestimmte Zahl angibt. Zu diesem Zwecke sind folgende Zahlenwerthe erforderlich:

1. Die Raumdichtigkeit ρ der Masse im Bleiklotz,
2. die Längendichtigkeit λ der in den Cylindern fehlenden Masse,
3. die Coordinaten $x_1\, x_2\, y_1\, y_2\, z_1\, z_2$ sowohl für die oberen wie für die unteren Orte der Kugelcentra,
4. die Länge l des Wagebalkens zwischen beiden Seitenschneiden.

A. Ermittelung von ρ und λ.

Die Raumdichtigkeit ρ als Factor des Hauptgliedes $K_u + K_o$ mufs mit mindestens derselben Genauigkeit festgestellt werden, welche das Schlufsresultat der ganzen Arbeit besitzen soll, d. h. bis auf 0.16 Procent. Die Benutzung der üblichen Zahl für die Dichtigkeit von Blei ist also unstatthaft. Vielmehr mufste die Gesammtmasse des Bleiklotzes durch Wägung der einzelnen zum Bau verwendeten Barren bestimmt und dann durch das Volumen des Klotzes, d. h. durch das Product der drei verschiedenen Kanten dividirt werden. Diese Wägungen wurden während des Abbruchs des Bleiklotzes auf einer von Hrn. Stückrath geliehenen empfindlichen Centnerwage mit geaichten Gewichtsstücken ausgeführt. Anfangs bei der Abtragung der

obersten Schichten wurde jedes einzelne Stück noch mit einer Signatur versehen, welche den Ort desselben im Klotze erkennen liefs, damit bei etwaiger gröberer Abweichung einer dieser Massen vom Durchschnittswerth eine Correction in Rechnung gestellt werden könnte. Diese Vorsicht stellte sich aber bald als überflüssig heraus: die einzelnen Barren zeigten durchweg eine in Anbetracht ihrer Herstellungsweise erstaunliche Gleichheit der Masse; bei einem mittlern Werth von etwa $34^{kg}.2$ betrugen die gröfsten, höchst seltenen Abweichungen nur gegen $\pm 0^{kg}.2$, die Gruppirung um den Mittelwerth war eine durchaus normale, indem die kleinen Abweichungen die häufigsten waren. Deshalb wurden von den in den mittleren Schichten liegenden Barren nicht sämmtliche Exemplare gewogen, sondern etwa nur der dritte Theil. Da es aber im Verlauf den Anschein hatte, als wenn die leichteren Stücke häufiger würden als die schwereren, wurden nachher wieder alle Barren gewogen. Im ganzen waren 2900 gewöhnliche Stücke in dem Klotz, davon sind 860 Stücke nicht gewogen worden. Die Veröffentlichung der vollständigen Liste über die einzelnen Stücke hat keinen Werth. Es möge genügen, die Summen von je 300 Stücken mitzutheilen, in derselben Reihenfolge zusammengefasst und aufgeführt, wie sie während des Abbruchs des Klotzes gewogen wurden:

je 300 Stücke wogen	$10261^{kg}.8$
	10261.3
	10257.0
	10257.7
	10257.2
	10259.4
die letzten 240 Stücke wogen	8205.7

Die vorher erwähnte Abnahme des Gewichts der später gewogenen Barren ist in dieser Zusammenstellung deutlich zu erkennen, über die Ursache lassen sich nur Vermuthungen aufstellen, indessen ist die Erscheinung belanglos, da bereits die einzelnen Theilsummen bis auf 0.16 Procent übereinstimmen, um so mehr die Totalsumme bis auf diesen Genauigkeitsgrad verbürgt ist. Durch Addition der Theilsummen findet man folgende Resultate:

2040 Stücke wogen $69760^{kg}.2$.

Das Durchschnittsgewicht jedes einzelnen Stückes betrug danach

$34^{kg}.1962$.

Sämmtliche 2900 gewöhnlichen Stücke müssen daher gewogen haben

$$99168^{kg}.9.$$

In dieser Summirung fehlen die mit halbcylindrischen Aussparungen versehenen Mittelstücke jeder Schicht. Diese Mittelstücke füllen in den einzelnen Schichten abwechselnd den Raum eines und dreier gewöhnlicher Stücke (vergl. Fig. 1 auf S. 17), im ganzen Klotz also den Raum von 40 gewöhnlichen Stücken. Bei der Berechnung von ρ ist nun der ganze Klotz homogen mit Masse erfüllt zu denken, man mufs dabei also noch die Masse von 40 gewöhnlichen Stücken aus dem Durchschnittsgewicht herleiten

$$40 \times 34^{kg}.1962 = 1367^{kg}.8$$

und zu der Summe der 2900 Stücke hinzufügen.

Wenn der Klotz nur aus ganz massiven Stücken bestanden hätte, würde seine Masse betragen haben:

$$M = 100536^{kg}.8.$$

Diese Zahl ist durch das Product der drei Kantenlängen zu dividiren. Wir müssen dazu vorgreifend die später (S. 102–104) näher zu besprechenden Messungsdaten benutzen. Das Volumen des vollen Klotzes V ergibt sich:

$$V = (211.106)^2 \cdot 200.483 \text{ cm}^3 = 8934.57 \text{ dm}^3.$$

Die der Berechnung zu Grunde zu legende Raumdichtigkeit ρ des Bleies ist danach:

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{100536.8}{8934.57} = 11.2526 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \quad \ldots\ldots\ldots (22.)$$

Zur Ermittelung von λ kommt man auf folgendem Wege.

Soeben wurde ausgerechnet, dafs die 40 massiven Bleistücke, welche die Plätze der ausgehöhlten Mittelstücke ausfüllen könnten, zusammen eine Masse von

$$1367^{kg}.8$$

besitzen müfsten. Die 40 ausgehöhlten Mittelstücke, welche die beiden Bohrungen des Klotzes formiren, wurden sämmtlich gewogen und zeigten eine gleich vortreffliche Übereinstimmung wie die gewöhnlichen Stücke. Die Summe ihrer Massen fand sich gleich

$$1307^{kg}.8.$$

Die Differenz dieser Zahl gegen die darüberstehende gibt die in den beiden Hohlcylindern fehlende Bleimasse an und beträgt

$$60^{kg}.0.$$

Die Längendichtigkeit der Massenlinien, welche wir an Stelle der Cylinder setzen, findet man durch Division dieser Zahl mit der doppelten Höhe des Klotzes:

$$\lambda = \frac{60000}{2 \cdot 200.483} = 149.8 \, \frac{\mathrm{gr}}{\mathrm{cm}} \ldots\ldots\ldots\ldots (23.)$$

B. Wie genau müssen die Längenmessungen ausgeführt werden?

Zur Discussion dieser Frage ist der im vorigen Capitel aufgestellte Ausdruck der Attraction des Klotzes von unnöthig complicirter Gestalt; da es sich doch nur um eine angenäherte Schätzung handelt, wollen wir ein einfacher zu berechnendes Massensystem betrachten, an dem sich doch nahezu dieselben Verhältnisse studiren lassen. Wir setzen an Stelle des Klotzes einen Cylinder von gleicher Höhe und gleichem Inhalt und betrachten die Attractionen in Punkten, die auf der verlängerten Cylinderaxe, also in der Mitte zwischen den oberen oder den unteren Wageschalen liegen. Der kreisförmige Querschnitt dieses Cylinders mufs gleich der quadratischen Basis des Klotzes sein; letztere hat Kanten von rund 211^{cm} Länge. Der Radius p des Cylinders ist also zu setzen gleich $211/\sqrt{\pi}$, das gibt:

$$p = 119^{\mathrm{cm}}.$$

Bei dieser Umformung der Bleimasse mufs die Attraction zunehmen, denn es werden dabei entfernter gelegene Massentheile in gröfsere Nähe der Achse geholt, wo ihr Einflufs stärker ist, grofs wird aber die Veränderung nicht sein, da die gesammte anziehende Masse dieselbe geblieben ist und die Umlagerungen doch nur die peripheren Theile betreffen. In der folgenden Betrachtung kommt es auch nicht auf den Werth selbst an, sondern nur auf die Veränderungen, die er erleidet, wenn die verschiedenen, die Configuration des Systems bestimmenden Abmessungen variirt werden.

Wir nehmen die verticale Cylinderaxe zur z-Axe, den Anfangspunkt der Abmessungen legen wir in den obern Aufpunkt über dem Cylinder. Die obere Grenze des Bleies hat dann die Abmessung

$$z_1 = 17^{\mathrm{cm}}.$$

Die Höhe des Cylinders ist rund 200^{cm}, also ist für die untere Grenzfläche desselben

$$z_2 = 217^{\mathrm{cm}}.$$

Der untere Aufpunkt liegt etwa 9^{cm} unter dieser Fläche, also ist dessen Abmessung

$$z_3 = 226^{cm}.$$

Diese Zahlen sind abgekürzt nach den später (S. 104–106) anzuführenden genaueren Messungsdaten.

Die in Gleichung (17.) (S. 90) gegebene Formel für die Attraction eines Cylinders liefert:

$$k_o = 2\pi G\rho \cdot \left\{(z_2 - z_1) - \left(\sqrt{z_2^2 + p^2} - \sqrt{z_1^2 + p^2}\right)\right\}$$

$$k_u = 2\pi G\rho \cdot \left\{(z_2 - z_1) - \left(\sqrt{(z_3 - z_1)^2 + p^2} - \sqrt{(z_3 - z_2)^2 + p^2}\right)\right\}$$

Wir brauchen dabei der Kürze wegen dieselben Zeichen k_o und k_u, welche für den Klotz und die wahre Lage der Kugeln gelten. Für die Dichtigkeit ρ ist zu setzen die Gesammtmasse des Bleies M, gleich rund $10^{8\,gr}$, dividirt durch das Volumen des Cylinders $\pi p^2(z_2 - z_1)$; für die Gravitationsconstante setzen wir bei dieser Schätzung:

$$G = \tfrac{2}{3} \cdot 10^{-7}.$$

Für die in der Rechnung häufig wiederkehrenden Quadratwurzeln setzen wir folgende kurze Bezeichnungen:

$$\sqrt{z_2^2 + p^2} = r_2$$

$$\sqrt{z_1^2 + p^2} = r_1$$

$$\sqrt{(z_3 - z_1)^2 + p^2} = r_{3-1}$$

$$\sqrt{(z_3 - z_2)^2 + p^2} = r_{3-2}.$$

Der zu prüfende Ausdruck ist nun:

$$k_o + k_u = \frac{2GM}{p^2(z_2 - z_1)} \cdot \left\{2(z_2 - z_2) - (r_2 - r_1 + r_{3-1} - r_{3-2})\right\}.$$

Zur Ausführung der verschiedenen Variationen bilden wir die partiellen Differentialquotienten nach p, z_1, z_2 und z_3:

$$\frac{\partial(k_o + k_u)}{\partial p} = -\frac{2}{p}(k_o + k_u) + \frac{2GM}{p(z_2 - z_1)}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_{3-2}} - \frac{1}{r_{3-1}}\right)$$

$$\frac{\partial(k_o + k_u)}{\partial z_1} = -\frac{2GM}{p^2(z_2 - z_1)}\left\{\frac{r_2 - r_1 + r_{3-1} - r_{3-2}}{z_2 - z_1} - \left(\frac{z_1}{r_1} + \frac{z_3 - z_1}{r_{3-1}}\right)\right\}$$

$$\frac{\partial(k_o + k_u)}{\partial z_2} = +\frac{2GM}{p^2(z_2 - z_1)}\left\{\frac{r_2 - r_1 + r_{3-1} - r_{3-2}}{z_2 - z_1} - \left(\frac{z_2}{r_2} + \frac{z_3 - z_2}{r_{3-2}}\right)\right\}$$

$$\frac{\partial(k_o + k_u)}{\partial z_3} = -\frac{2GM}{p^2(z_2 - z_1)} \cdot \left(\frac{z_3 - z_1}{r_{3-1}} - \frac{z_3 - z_2}{r_{3-2}}\right)$$

Die Zahlenwerthe dieser Ausdrücke können aus den angegebenen Daten für G, M, p, z_1, z_2, z_3, berechnet werden. Man findet:

$$\frac{\partial(k_o + k_u)}{\partial p} = -7.14 \cdot 10^{-6}$$

$$\frac{\partial(k_o + k_u)}{\partial z_1} = -1.09 \cdot 10^{-6}$$

$$\frac{\partial(k_o + k_u)}{\partial z_2} = +1.37 \cdot 10^{-6}$$

$$\frac{\partial(k_o + k_u)}{\partial z_3} = -3.74 \cdot 10^{-6}.$$

Wenn nun der Radius p des Bleicylinders bei der Ausmessung um den kleinen Betrag δp gröfser taxirt wird, als er wirklich ist, so wird durch Benutzung dieser Mafszahl ein Fehler in der Attractionsgröfse verursacht von der Gröfse

$$\delta(k_o + k_u) = \frac{\partial(k_o + k_u)}{\partial p} \cdot \delta p = -7.14 \cdot 10^{-6} \cdot \delta p.$$

Dieser Fehler darf nicht gröfser sein als der wahrscheinliche Fehler des experimentellen Schlufsresultats, welcher, wie schon früher angeführt, rund $0.0_5 1$ oder 10^{-6} beträgt. Man erhält so die Forderung

$$\delta p < \pm \frac{1}{7.14} = \pm 0^{\text{cm}}.140.$$

Der Durchmesser $2p$ darf den doppelten Fehler haben:

$$\delta(2p) < \pm 0^{\text{cm}}.280.$$

Diesen Grad der Genauigkeit werden wir auch von der Ausmessung der horizontalen Kanten des Klotzes verlangen müssen.

Der Einflufs eines Fehlers bei der Höhenbestimmung des Bleiklotzes läfst sich schätzen, wenn man z_1 oder z_2 allein variirt. Die Variation von z_2 gibt die gröfsere Veränderung, und man findet in ganz gleicher Weise wie für δp folgende Beschränkung für den erlaubten Fehler der Klotzhöhe:

$$\delta z_2 < \pm \frac{1}{1.37} = 0^{\text{cm}}.73.$$

Diefs ist zugleich die erlaubte Fehlergrenze für den Abstand der unteren Kugelcentra von der Unterfläche des Klotzes, diejenige für den Abstand der oberen Kugelcentra über der Oberfläche des Klotzes ist noch etwas weiter.

Für den Abstand der oberen von den unteren Kugeln ist endlich auf dieselbe Weise folgender Spielraum zu finden:

$$\delta z_3 < \pm \frac{1}{3.74} = 0^{\text{cm}}.27.$$

Die hierdurch vorgeschriebenen Grenzen für die erlaubten Messungsfehler sind sicherlich etwas zu streng, denn der fingirte Bleicylinder übt, wie oben schon erwähnt, eine stärkere Attraction als der Klotz; um einen Cylinder von wirklich gleicher Attraction zu erhalten, müfste man p gröfser annehmen, als wir gethan. Nun tritt in den Differentialquotienten von $(k_o + k_u)$ der Radius p als Factor im Nenner theils in erster Potenz, theils als Quadrat auf, die Zahlenwerthe derselben würden also bei gröfserm p durchweg kleiner, die zulässigen Fehlergrenzen also weiter werden.

An diese Betrachtungen schliefsen sich noch folgende zwei Fragen an: Welchen Einflufs hat die thatsächliche Senkung, und welchen die beobachtete Neigung des Klotzes?

Die erste Frage kann man mit Hülfe des vorstehenden Materials beantworten. Eine Senkung kann aufgefafst werden als gleichzeitige Vergröfserung von z_1 und z_2 um denselben Betrag δz. Die Variation der Attractionssumme ist dabei:

$$\delta(k_o + k_u) = \left\{\frac{\partial(k_o + k_u)}{\partial z_1} + \frac{\partial(k_o + k_u)}{\partial z_2}\right\} \cdot \delta z,$$

also auf Grund der angegebenen Zahlen

$$= +0.28 \cdot 10^{-6} \cdot \delta z.$$

Die Senkung darf also, ohne merklich zu stören,

$$\delta z = \frac{1}{0.28} = 3^{\text{cm}}.6$$

betragen. Gegen derartige Lagenveränderung des Bleiklotzes ist also die Versuchsanordnung und die darauf gegründete Mefsmethode aufserordentlich unempfindlich.

Die zweite Frage nach dem Einflufs einer Neigung des Klotzes verlangt eine besondere Betrachtung, bei welcher wir die wahre parallelepipedische Gestalt des Klotzes und die wirkliche Stellung der Kugeln gegen denselben zu Grunde legen zu müssen glauben. Eine beliebige Kippung läfst sich auffassen als Superposition zweier Drehungen, deren Axen horizontal durch den Mittelpunkt des Klotzes gelegt sind. Die Axe der ersten Drehung laufe parallel dem Wagebalken von links nach rechts, die der zweiten Drehung

senkrecht dagegen von vorn nach hinten. In Bezug auf die erstgenannte Art der Drehung besitzen die Attractionen in der normalen Lage des Klotzes aus Symmetriegründen nothwendig ein Maximum oder Minimum; ihre Veränderungen bei eintretender Klotzneigung können daher nur vom Quadrat oder höheren Potenzen des Drehungswinkels abhängen. Wie weit die Drehung gehen darf, ohne die Gröfsen k um 0.16 Procent zu verändern, läfst sich ohne Umstände nicht wohl entscheiden; doch ist leicht einzusehen, dafs die Veränderungen der k kleiner bleiben müssen als die durch Multiplication mit dem Cosinus des Drehungswinkels entstehenden; also ein Winkel von 3°, dessen Cosinus gerade um die erlaubte Grenze 0.0016 von 1 abweicht, ist noch unschädlich. Die Unempfindlichkeit gegen diese Art der Neigung hat ihren Grund darin, dafs die erste Potenz des Drehungswinkels ohne Einflufs ist. Bei der Drehung um die von vorn nach hinten laufende Axe liegt die Sache anders. Diese wirkt durch die Annäherung bez. Fernrückung des Bleies auf die rechts und links gelegenen Kugeln in entgegengesetzter Weise. Halten wir an einer Neigung nach rechts fest, weil eine solche wirklich bestand, so wird dadurch k_o rechts verkleinert, links vergröfsert, dagegen k_u rechts vergröfsert, links verkleinert. Die analytische Berechnung der 4 Verticalcomponenten der Attraction des geneigten Klotzes auf die Orte der Kugeln ist wohl eine sehr schwierige Aufgabe; von vorn herein aber ist klar, dafs jede derselben sich in eine Potenzreihe des Neigungswinkels wird entwickeln lassen, und dafs bei kleiner Neigung aufser den constanten Anfangsgliedern, welche die k für die normale Lage des Klotzes geben, nur noch die linearen Glieder, welche diefsmal nicht verschwinden, zu berücksichtigen sein werden. Diese linearen Reihenglieder müssen aber für die rechten und die linken Kugelorte nothwendig entgegengesetzt gleich sein, d. h. bei kleiner Neigung müssen die Zunahmen und Abnahmen rechts und links dieselbe Gröfse haben. Bei den Doppelwägungen mit horizontaler Vertauschung befinden sich nun in der Stellung I die Kilogrammkugeln links oben und rechts unten, beide erfahren durch die Neigung einen vermehrten Zug gegen den Bleiklotz hin, die Einstellung der Wage wird dadurch in derselben Weise verändert, als wenn links ein bestimmtes kleines Zulagegewicht aufgesetzt wäre. In der Stellung II liegen die Kilogramme rechts oben und links unten, und erfahren durch die Neigung beide einen verminderten Zug gegen den Klotz, die Wage stellt sich ein, gleichsam als wäre rechts dasselbe kleine Zulagegewicht abgehoben, welches wir bei I links aufgesetzt dachten. Der Effect ist also beide Male

derselbe, die Einstellungen verschieben sich bei der Neigung im gleichen Sinne um denselben Betrag, die ins Resultat eingehende Differenz beider Einstellungen wird also nicht geändert, die kleine Neigung nach rechts wirkt wie ein links zugelegtes Ballastgewicht. Bedingung bei dieser Schlufsfolgerung ist nur, dafs die vom Quadrat des Neigungswinkels abhängenden Reihenglieder vernachlässigt werden dürfen. Wie weit diese Abkürzung zulässig ist, läfst sich bei der Unbekanntschaft mit jener Reihenentwickelung nicht genau entscheiden, doch ist anzunehmen, dafs die Gröfsenordnung der quadratischen Glieder dieselbe sein wird, wie bei jener ersten Drehung. Jedenfalls ist die thatsächlich beobachtete Neigung von 8 Bogenminuten ohne jeden Einflufs, und wir sind berechtigt, bei der Berechnung der Attractionen k_o und k_u den Klotz in seiner normalen Lage mit genau horizontalen und verticalen Kanten anzunehmen, wie diefs auch in der Theorie (Cap. VIII) geschehen ist.

C. Längenmessungen.

Die im vorigen Abschnitt für die Längenmessungen als zulässig erkannten Fehler betragen durchweg mehrere Millimeter. Man konnte daher mit den gebräuchlichsten Methoden der Längenbestimmung mehr als hinreichende Praecision erzielen.

Die Dimensionen des Klotzes selbst wurden mit einem stählernen Bandmafs von $2^{m}.5$ Länge ausgemessen. Es wäre unzweckmäfsig gewesen, diese Messungen an den Kanten vorzunehmen; was wir bisher kurz als Kantenlängen des Klotzes bezeichneten, sind eigentlich die Abstände der parallelen Gegenflächen von einander. Diese lassen sich aber sicherer in mittleren Gegenden des Klotzes bestimmen.

Für diesen Zweck war das Bandmafs besonders eingerichtet. Der Nullpunkt der Millimetertheilung bildete das spitz zulaufende Ende des Stahlbandes. Bei der Ausmessung der horizontalen Dimensionen wurde eine nicht zu kleine, ebene Glasplatte gegen die Verticalflächen des Klotzes gedrückt, so dafs deren oberer Theil über den Rand dieser Flächen hinausragte; mit dieser Glasplatte wurde dann die Nullspitze des Mafsstabes in Contact gebracht. Bei der Höhenmessung des Klotzes diente das Band als Senkel: es wurde durch zwei nahe über dem Nullende festgeschraubte flache Bleistücke beschwert und dadurch gestreckt. Das Aufstofsen der Nullspitze auf die Zinkunterlage des Bleiklotzes konnte durch Gefühl und

Gehör sehr scharf bestimmt werden. Dem Auge und der Hand waren diese Berührungspunkte unzugänglich, da der den Bleiklotz an den Seiten engumschliefsende Zinkkasten wegen der nach dem Abbruch des Bleies noch folgenden Wägungen nicht entfernt werden durfte. Die Ablesung des Mafsstabes an der gegenüberliegenden Ebene des Klotzes wurde auf folgende Weise praecisirt. Das Bandmafs konnte an jeder Stelle festgeklemmt werden zwischen den Plattseiten zweier Lineale, deren Schneiden, dem Klotz zugekehrt, genau zusammenfielen. Diese Linealkanten wurden an die entgegenstehenden Flächen des Klotzes gedrückt, das Bandmafs so weit gespannt, dafs der Contact der Nullspitze mit der Glasplatte gerade noch mit dem Druck der Hand aufrecht gehalten werden konnte; dann wurden die Lineale fest verschraubt, so dafs das Stahlband sich zwischen ihnen nicht mehr verrücken konnte: die Einstellung, welche die Linealkante auf dem Mafsstab markirte, konnte dann bequem bis auf Bruchtheile eines Millimeters abgelesen werden. Man war durch diese Abgrenzung der beiden parallelen Grenzebenen des Klotzes mittels Glastafel und Lineal sicher vor den Ungenauigkeiten, welche sonst die unvermeidlichen kleinen Verletzungen der weichen Bleikanten mit sich geführt hätten.

Fig. 4.

Die gemessenen Strecken sind in der perspectivischen Darstellung des Klotzes (Fig. 4) durch punktirte Linien angegeben. Die gefundenen Zahlenwerthe sind:

Höhe des Klotzes, gemessen in 65^{cm} Abstand von den Kanten:

Vorderwand links	$200^{\text{cm}}.45$
» rechts	200.5
Hinterwand links	200.5
» rechts	200.6
Linke Wand vorn	200.5
» » hinten	200.4
Rechte Wand vorn	200.6
» » hinten	200.32
Mittel aus den 8 Zahlen	$200^{\text{cm}}.483$.

Horizontale Dimensionen des Klotzes, gemessen über der obersten Schicht in 60 resp. 70^{cm} Abstand von den Kanten:

Von vorn nach hinten	links	211^{cm}.1
» » » »	rechts	211.0
Von links nach rechts	vorn	211.3
» » » »	hinten	211.0

Dieselben, gemessen über der untersten Schicht:

Von vorn nach hinten	links	211^{cm}.15
» » » »	rechts	211.1
Von links nach rechts	vorn	211.1
» » » »	hinten	211.1
Mittel aus den 8 Zahlen		211^{cm}.106

Die Abstände der Gewichtskugeln vom Bleiklotz wurden mit einem Kathetometer gemessen, welches uns Hr. Walter Wolff, als Abtheilungs-Vorstand des Militär-Versuchsamtes in Spandau, für diesen Zweck gütigst zur Verfügung gestellt hat. Diese Messungen mufsten bei gelöster, gerade nur noch am freien Schwingen verhinderter Wage ausgeführt werden, da durch das Arretiren die Kugeln um einige Millimeter angehoben wurden. Als Einstellungsobjecte konnten an den Kugeln nur die oberen Ränder dienen, die unteren waren durch die Teller der Wageschalen verdeckt. Zur Feststellung der Grenzen des Bleiklotzes wurden die dem Kathetometer zugekehrten hinteren Oberkanten der freigelegten Mittelstücke der obersten und der untersten Schicht anvisirt. Diese Kanten bildeten sehr unbestimmte Objecte, welche die sonst bei kathetometrischen Messungen mögliche Genauigkeit gar nicht auszunutzen gestatteten; diefs war aber auch gar nicht erforderlich. Die Ergebnisse der Messungen sind folgende:

vom Kugelrand oben bis zur Oberkante des Mittelstückes der obersten Schicht:

$$\left.\begin{array}{ll}\text{links} & 20^{cm}.110 \\ \text{rechts} & 19.980\end{array}\right\} \text{Mittel} = 20^{cm}.045.$$

von der Oberkante des Mittelstückes der untersten Schicht bis zum Kugelrand unten:

$$\left.\begin{array}{ll}\text{links} & 15^{cm}.840 \\ \text{rechts} & 15.727\end{array}\right\} \text{Mittel} = 15^{cm}.784.$$

Die Abstände links und rechts zu trennen, hat, wie schon früher (Cap. VIII D) erwähnt, wegen des Princips der Doppelwägungen keinen Sinn, deshalb sind auch sogleich die Mittelwerthe hinzugefügt worden.

Um nun von den Kugelgipfeln auf die Orte der Kugelcentra zu kommen, welche doch den in der Theorie benutzten Aufpunkten entsprechen, mufs der Radius der Vollkugeln (auf die es hier fast allein ankommt) aus deren bekanntem Volumen hergeleitet werden. Diefs beträgt nach Cap. IV im Durchschnitt 112.432 cm^3; man findet daraus: Kugelradius = 2^{cm}994.

Die Höhe, in welcher die Oberkante des untersten Mittelstückes über der unteren Begrenzungsebene des Klotzes lag, wurde in einfachster Weise durch Ausmessung dieses Bleistückes mit einem Nonius-Dickentaster bestimmt. Die an sechs verschiedenen Stellen ausgeführten Messungen stimmten bis auf $^1/_{10}$ Millimeter und gaben als Mittel:

Höhe des Mittelstückes der untersten Schicht: 10^{cm}032.

Die jetzt angeführten Messungsdaten zusammen mit der Länge des Wagebalkens von einer Seitenschneide zur anderen l = 23^{cm}320 enthalten alles erforderliche Material zur Berechnung der gesuchten Coordinaten.

Angefügt mögen hier noch einige Einzelheiten werden. Da das Kathetometer doch einmal zur Messung des obern Kugelabstandes auf einem hohen Unterbau mit vieler Mühe aufgestellt war, wurde auch die Entfernung der oberen von den unteren Kugeln direct kathetometrisch bestimmt. Zu dem Zwecke mufsten an der festen Wand zwei Zwischenmarken in mittleren Höhen angebracht werden, die ganze Distanz also aus drei Theilen zusammengesetzt werden. Beide Bestimmungen zeigten eine für unsere Zwecke ausreichende Übereinstimmung. Während die Distanz aus der Combination der vorerwähnten Kathetometermessungen mit den Bandmafsmessungen und der Dickenbestimmung des untersten Mittelstückes sich gleich

226^{cm}280

ergibt, lieferte die rein kathetometrische Ausmessung

226^{cm}197.

Die Differenz beider Zahlen, welche 0^{cm}083 beträgt, erklärt sich zum Theil aus der auch durch die Nivellirungseinrichtung angezeigten Hebung des Fundamentes von 0^{cm}066, welche beim Abbruch des Bleiklotzes eintrat. Eine Verschiedenheit der Mafsstäbe am Kathetometer und auf dem

Bandmafs konnten nach Vergleichung beider nicht zur Erklärung herangezogen werden. Indessen ist die Differenz für das zu suchende Resultat bedeutungslos und kann angesichts der ungenauen Kathetometereinstellungen für die beiden Bleikanten auch zu den zufälligen Fehlern gerechnet werden.

D. Numerische Berechnung der Attraction.

Wir stellen zur bequemen Übersicht hier nochmals sämmtliche für die Zahlenrechnung mafsgebenden Messungsdaten zusammen, führen dabei aber statt der im Abschnitt C gegebenen Längen sogleich die daraus leicht abzuleitenden Werthe der 12 Coordinaten an.

$$\rho = 11.2526\,\mathrm{gr}\cdot\mathrm{cm}^{-3}$$
$$\lambda = 149.8\,\mathrm{gr}\cdot\mathrm{cm}^{-1}$$
$$l = 23.320\ \mathrm{cm}.$$

Oben		Unten	
$x_1 = -93^{\mathrm{cm}}.893$	$x_2 = +117^{\mathrm{cm}}.212$	$x_1 = -93^{\mathrm{cm}}.893$	$x_2 = +117^{\mathrm{cm}}.212$
$y_1 = -105.553$	$y_2 = +105.553$	$y_1 = -105.553$	$y_2 = +105.553$
$z_1 = +17.051$	$z_2 = +217.534$	$z_1 = +8.746$	$z_2 = +209.229$

Daraus ergeben sich zunächst die Längen der 16 Strahlen r, welche von den beiden Aufpunkten nach den 8 Kanten des Klotzes laufen. Wir wollen diese bezeichnen nach den Indices der Coordinaten, welche die Eckpunkte bestimmen, und zwar in der Reihenfolge x, y, z, also beispielsweise $\sqrt{x_2^2 + y_1^2 + z_2^2} = r_{2,1,2}$. Die Strecken sind zufolge der Theorie stets als absolute Gröfsen zu behandeln und werden aus Symmetriegründen paarweise gleich. Man findet

Oben: Indices a b c	Oben: Werth von $r_{a,b,c}$	Unten: Indices a b c	Unten: Werth von $r_{a,b,c}$
1 1 1 / 1 2 1	142.296	1 1 1 / 1 2 1	141.542
1 1 2 / 1 2 2	259.381	1 1 2 / 1 2 2	252.456
2 1 1 / 2 2 1	158.653	2 1 1 / 2 2 1	157.977
2 1 2 / 2 2 2	268.703	2 1 2 / 2 2 2	262.024

Die weitere Rechnung kann nun auf Grund der Formeln (15.) und (16.) in Cap. VIII durchgeführt werden. Dabei ist es am vortheilhaftesten, in sämmtlichen logarithmischen Gliedern zunächst die dekadischen Logarithmen

statt der natürlichen zu setzen und erst nach Ausrechnung und Summirung sämmtlicher Glieder durch Multiplication mit dem reciproken Modul 2.302585 der dekadischen Logarithmen den gültigen Werth herzustellen. In gleicher Weise thut man gut, nicht jeden einzelnen Arcustangens auszurechnen, sondern zunächst als Einheit den Winkelgrad in Decimaleintheilung beizubehalten und erst nach Addition sämmtlicher Glieder dieser Art durch Multiplication mit arc 1° = 0.017453 den gültigen Werth dieser Antheile zu bilden.

Für die Verticalbeschleunigungen der Attraction des ganz massiv gedachten Bleiklotzes findet man dann:

$$K_o = 452.313 \cdot G \cdot \rho,$$
$$K_u = 492.186 \cdot G \cdot \rho.$$

Addirt man beide und setzt den Zahlenwerth für ρ ein, so erhält man:

$$K_o + K_u = 10628.0 \cdot G.$$

Für die Attractionsbeschleunigungen der vertical unter oder über den Kugeln fehlenden Massen in den cylindrischen Bohrungen findet man nach Gleichung (19.) (S. 92):

$$\mathfrak{k}_o = 0.054 \cdot G \cdot \lambda.$$
$$\mathfrak{k}_u = 0.108 \cdot G \cdot \lambda.$$

Für die Verticalbeschleunigungen, welche von den seitlich gelegenen Bohrungen herrühren, findet man nach Gleichung (20.):

$$\mathfrak{k}_o' = 0.030 \cdot G \cdot \lambda,$$
$$\mathfrak{k}_u' = 0.035 \cdot G \cdot \lambda.$$

Durch Addition aller vier Werthe und Einführung des Zahlenwerthes von λ folgt hieraus:

$$\mathfrak{k}_o + \mathfrak{k}_u + \mathfrak{k}_o' + \mathfrak{k}_u' = 34.04\ G.$$

Nach Gleichung (21.) ist also die gesuchte Attractionsgröfse:

$$k_u + k_o = 10594.0 \cdot G. \qquad (24.)$$

Cap. X. Endresultate.

1. Nebenresultat, die Abnahme der Schwere mit der Höhe betreffend.

Die Wägungen ohne Bleiklotz ergaben (Gl. 13*a*, S. 84) für die doppelte Abnahme der Schwere auf die Höhendifferenz der Wageschalen den Werth:

$$g_u - g_o = 0.0_35183 \cdot (1.2453 \pm 0.0016)\,\frac{\text{cm}}{\text{sec}^2}$$
$$= (0.0_36454 \pm 0.0_30008)\,\frac{\text{cm}}{\text{sec}^2}.$$

Die Abnahme der Schwere mit der Höhe kann aber auch berechnet werden unter der Voraussetzung, dafs die Erde eine Kugel vom Halbmesser R sei und in concentrischen Schichten gleiche Dichtigkeit habe, sowie dafs der betrachtete Ort sich aufserhalb der Erdkugel befindet. Es ist dann die variable Beschleunigung g dem Quadrate der Entfernung r vom Erdmittelpunkte umgekehrt proportional:

$$g = \frac{\text{Const}}{r^2}; \text{ also } \log g = \log \text{Const} - 2 \log r$$
$$\text{und } \frac{dg}{g} = -\frac{2dr}{r}.$$

Wird dr gleich unserer Höhendifferenz h gesetzt, so wird $dg = g_o - g_u$; in den Nennern sind $r = R$ und g als constant zu betrachten; mithin:

$$g_u - g_o = \frac{2g}{R}\,h.$$

Nun ist $h = 2^{\text{m}}.2628$; $g = 981.27\frac{\text{cm}}{\text{sec}^2}$; $R = 6366200^{\text{m}}$.

Mithin $g_u - g_o$ (berechnet) $= 0.0_36976\,\frac{\text{cm}}{\text{sec}^2}$.

Der beobachtete Werth ist also um 7 Procent kleiner als der berechnete. Eine Abweichung in demselben Sinne haben auch bei den anderen Bestimmungen der Abnahme der Schwere mit der Höhe Jolly, Hr. Thiesen und die HH. Scheel und Diesselhorst, alle aus Wägungen für Niveauunterschiede von vielen Metern, gefunden. Eine solche Abweichung von

der Theorie mufs bei unseren Versuchen stattfinden, weil die Voraussetzung, dafs man sich aufserhalb der Erde befinde, nicht erfüllt war; die zwischen dem Niveau der oberen und dem der unteren Schalen befindlichen Theile der Gewölbe und der Erdmassen des Bastions müssen durch ihre Gravitationswirkung die Differenz der Schwere zwischen den unteren und oberen Schalen erheblich vermindern.

Zu der gefundenen Abweichung kann ferner auch mitgewirkt haben und hat sehr wahrscheinlich mitgewirkt eine Nichterfüllung der theoretischen Voraussetzungen über die Beschaffenheit des Erdinnern. Wenn sich unterhalb des Beobachtungsortes Schichten von abnorm geringer Dichtigkeit befinden, so mufs die Abnahme der Schwere mit der Höhe gegenüber ihrem normalen Werthe vermindert erscheinen; also eine Abweichung im selben Sinne, wie sie von uns gefunden wurde. Nun weifs man, dafs unter und um Berlin sich Schichten befinden, welche ein geringeres specifisches Gewicht (2.15) besitzen, als sonst durchschnittlich die Gesteine haben (2.5 und mehr), nämlich Steinsalzlager. Solche sind bei Sperenberg, etwa 40^{km} südlich von Berlin, direct durch ein Bohrloch aufgeschlossen; das Lager beginnt dort 89^{m} unter der Erdoberfläche und sein Ende ist bei einer Tiefe von 1272^{m} noch nicht erreicht. Da ferner in und bei Berlin kräftige Soolquellen erbohrt worden sind, so erstreckt sich dieses mächtige Salzlager bis nach Berlin hin. Eine andere durch sein Vorhandensein erklärbare Störung der Schwere haben die Triangulationen des Königl. Preufsischen geodaetischen Instituts ergeben.[1] Denselben zufolge ist nämlich in der Umgegend Berlins in einem gewissen Bezirk die Richtung des Lothes gegenüber der normalen von Berlin weg nach aufsen abgelenkt. Diefs beweist, dafs die Massen aufserhalb jenes Bezirks gröfsere Dichtigkeit haben als diejenigen innerhalb desselben, was ja in der That wegen der Steinsalzlager der Fall ist. Der Störungsbezirk der Lothrichtung erstreckt sich südlich über Sperenberg, östlich über Köpenick hinaus, nördlich bis gegen Bernau und westlich über Potsdam hinaus. Es ist daher höchst wahrscheinlich, dafs das Steinsalzlager oder seine störende Wirkung sich auch bis Spandau erstreckt, und dafs es, wie oben auseinandergesetzt, mit beiträgt zu der Abweichung des experimentell gefundenen Werthes für die Abnahme der Schwere mit der Höhe von dem theoretisch berechneten.

---

[1] Lothabweichungen in der Umgegend von Berlin. Ebenda 1889.

Man könnte den alleinigen Einflufs der abnormen Erdschichten isoliren, wenn man den ersten der störenden Einflüsse dadurch vermeiden würde, dafs man die Versuche in einem auf flachem Felde gelegenen, entweder sehr leicht, oder in regelmäfsiger, berechenbarer Form gebauten Beobachtungslocale anstellte. Es würde von Interesse sein, den alsdann beobachteten Werth zu vergleichen mit demjenigen, der sich aus den durch geologische Forschung ermittelten localen Anomalieen der Massenvertheilung ergeben würde.

2. Gravitationsconstante und mittlere Dichtigkeit der Erde.

Aus der Combination der Wägungen ohne und mit Bleiklotz ergab sich ferner zum Schlufs von Cap. VII Gleichung (14.):

$$k_o + k_u = +0.0_3 5183 \cdot (1.3664 \pm 0.0021) \frac{\text{cm}}{\text{sec}^2}.$$

Diefs ist der experimentell gefundene Werth der Attraction. Der aus dem Newton'schen Gravitationsgesetze berechnete war nach Gleichung (24.) auf S. 106:

$$k_o + k_u = 10594.0 \cdot G.$$

Die Gleichsetzung beider Ausdrücke gibt folgenden Werth der Gravitationsconstante:

$$G = (6.685 \pm 0.011) \cdot 10^{-8} \frac{\text{cm}^3}{\text{gr} \cdot \text{sec}^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (25.)$$

Aus dem Werth der Gravitationsconstante G ist die mittlere Dichtigkeit der Erde Δ in der Weise zu berechnen, dafs man g ausdrückt durch die Gravitationsconstante, die Dimensionen und die mittlere Dichtigkeit der Erde, wobei g abhängig ist von geographischer Breite und Meereshöhe. Man pflegt diese Berechnung in der Weise auszuführen, dafs man für die beiden letzteren Variabeln die Localwerthe einsetzt, und ebenfalls für g den speciellen Werth des Beobachtungsortes annimmt. Bei dieser Berechnungsweise trägt man die Unsicherheit hinein, dafs die der theoretischen Formel für g zu Grunde liegenden Voraussetzungen möglicherweise gerade für den Beobachtungsort ungenügend erfüllt sind. In dieser Beziehung würde es den gröfsten Einflufs haben, wenn unmittelbar unter dem Beobachtungsorte selbst Erdschichten von abnorm grofser oder kleiner Dichtigkeit sich befänden. Von dieser Unsicherheit bleibt man frei, wenn man den Vergleich des theoretischen Werthes von g nicht nur mit dem einen experi-

mentellen Werthe des Beobachtungsortes, sondern mit allen guten Bestimmungen an der Erdoberfläche ausführt. Dieſs geschieht in folgender Weise.

Auf der einen Seite hat man den theoretischen Ausdruck für g in der Meereshöhe als Function der geographischen Breite B

$$g = \frac{4}{3}\pi R_p \Delta G(1 + \mathfrak{a} - \frac{3}{2}\mathfrak{c})\{1 + (\frac{5}{2}\mathfrak{c} - \mathfrak{a})\sin^2 B\},$$

wo R_p den polaren Halbmesser, $\mathfrak{a}$ die Abplattung der Erde bedeutet, $\mathfrak{c}$ das Verhältniſs von Centrifugalkraft zu Schwerkraft am Aequator. Dieser Ausdruck folgt aus Gleichung (12.) S. 96 Bd. II von Helmert's Theorien der höheren Geodaesie unter Benutzung des Theorems von Clairaut und indem die Erdmasse $M = \frac{4}{3}\pi a^2 R_p \Delta$ gesetzt wird. Auf der anderen Seite hat man den rein empirischen Ausdruck für g als Function von B, welcher alle sorgfältigen Pendelmessungen an verschiedenen Orten der Erde (reducirt auf Meereshöhe) berücksichtigt und sich denselben am genauesten anschlieſst. Dieser Ausdruck ist[1]:

$$g = 9.7800\,(1 + 0.005310 \sin^2 B)\,\frac{\text{m}}{\text{sec}^2},$$

die Gleichsetzung des theoretischen und des empirischen Werthes gibt

$$\frac{4}{3}\pi R_p \Delta G(1 + \mathfrak{a} - \frac{3}{2}\mathfrak{c}) = 9.7800\,\frac{\text{m}}{\text{sec}^2},$$

und hieraus berechnet sich die mittlere Dichtigkeit der Erde frei von dem Einflusse localer Unregelmäſsigkeiten der Massenvertheilung im Erdinnern.

Setzt man

$$R_p = 6356079^{\text{m}}$$
$$\mathfrak{a} = 0.0033416^{1}$$
$$\mathfrak{c} = 0.0034672^{2}$$

und unsern Werth

$$G = (6.685 \pm 0.011)\ (\text{c. g. s.}),$$

so resultirt

$$\Delta = 5.505 \pm 0.009 \qquad (26.)$$

Zum bequemen Vergleich führen wir die durch principiell einwandfreie Methoden (s. Einleitung) gefundenen Resultate früherer Beobachter an und fügen noch das von C. Braun während der Fertigstellung vorliegender ausführlicher Publication veröffentlichte Resultat hinzu. Der ebenfalls in dieser Zeit mitgetheilte Werth von R. von Eötvös wird vom Autor selbst als nicht endgültig bezeichnet.

---

[1] Helmert, Theorien der höheren Geodaesie, Bd. II, S. 241.

[2] Nach Helmert, Bd. II; S. 84, Gleichung 2°.

Beobachter	Jahr	Methode	Δ	Wahrsch. Fehler
Cavendish	1798	Drehwage	5.45	
Reich	1838 und 52	»	5.49 und 5.58	±0.02 und ±0.015
Baily	1842	»	5.67	
Cornu und Baille	1872 und 73	»	5.56 und 5.50	
Ph. von Jolly	1881	Wage mit langem Gehänge	5.692	±0.068
J. Wilsing	1887	Pendelapparat	5.594	±0.032
»	1889	» mit Verbesserungen	5.577	±0.013
J. H. Poynting	1891	Wage	5.4934	vergl. die folgenden Bemerkungen
C. V. Boys	1894	Verbesserte Drehwage	5.5270	
C. Braun	1896	Drehwage im Vacuum	5.5273	

Die ersten fünf der angeführten Bestimmungen sind durch den Einfluſs sehr starker Fehlerquellen recht unsicher, diejenigen von Wilsing, Poynting, Boys und Braun sind beträchtlich sicherer. J. H. Poynting's Resultat, durch Vervollkommnung der in der Einleitung erwähnten Methode gewonnen, ist das Mittel zweier Beobachtungssätze, welche einzeln die abgekürzten Werthe 5.46 bez. 5.52 ergeben. Bei diesen beiden Sätzen war die Orientirung der auf einander gravitirenden Bleikugeln eine verschiedene, so daſs die Differenz der beiden Gruppenmittel vermuthlich einer unsymmetrischen Massenvertheilung im Innern der Bleikugeln zuzuschreiben ist. Die beiden Sätze weisen einzeln in sich eine ausgezeichnete Übereinstimmung der Beobachtungen auf; würde man daher annehmen können, daſs in dem Mittelwerth der beiden Sätze der Einfluſs etwaiger ungleichmäſsiger Dichtigkeit der Bleikugeln sich heraushebe, so würde das Resultat mit einem erheblichen Grad von Sicherheit verbürgt sein, so daſs bei dieser Annahme der wahrscheinliche Fehler sich noch kleiner als derjenige unseres Resultates ergeben würde.

C. V. Boys wendet wieder die Drehwage an, aber mit Quarzfaden als Suspension und mit einer besonders vortheilhaften Form des starren suspendirten Theiles. Seine Einzelwerthe für Δ aus 9 Beobachtungsreihen sind, in der Numerirung des Autors:

Nr. 3	4	5	6	7	8	9	10	12
5.5213	5.5167	5.5159	5.5189	5.5291	5.5268	5.5306	5.5269	5.5172

Unter diesen erklärt Verfasser die Versuche 7, 8, 9, 10 für die zuverlässigsten und zieht diese allein in Betracht; die anderen werden nicht berücksichtigt. Dann legt er noch Nr. 8 und 10, welche sehr nahe gleiche Werthe ergeben, ein gröſseres Gewicht bei, weil sie unter den günstigsten

und doch sehr verschiedenen Bedingungen angestellt seien. So findet Boys als Resultat seiner Messungen

$$\Delta = 5.5270$$

und glaubt, dafs der Fehler des so ausgewählten Resultats nicht gröfser sei als 1 oder höchstens 2 in der vorletzten Stelle.[1] Wären sämmtliche Werthe nach Mafsgabe ihrer inneren w. F. verwendet worden, so würde sich ein kleinerer Werth für Δ und ein erheblich gröfserer w. F. des Hauptresultats ergeben haben.

Pater Braun gibt denselben Endwerth 5.52700 ± 0.0014 an.[2] Die Berechnung des wahrscheinlichen Fehlers lediglich aus der Übereinstimmung der Messungen der speciellen Gröfse (Ablenkung, Änderung der Schwingungsdauer), welche die Gravitationswirkung angibt, scheint uns bei Braun (wie auch bei Boys) für das Resultat nicht mafsgebend zu sein. Bei allen früheren Gravitationsmessungen, unsere eingeschlossen, lassen sich alle anderen Gröfsen, Massen und Längen weit sicherer angeben als die eine, durch welche die Attraction gemessen wird, so dafs es berechtigt ist, den wahrscheinlichen Fehler der letzteren Gröfse direct auf das Endresultat zu übertragen. Bei Braun (und bei Boys) handelt es sich jedoch um kleine Massen, die in kleinem Abstande auf einander gravitiren, deren Wirkung aber in Folge günstiger Anordnung sehr sicher mefsbar ist. Hier kommt die Unsicherheit der Massen- und Längenbestimmungen sehr wohl in Betracht; ja — kleine Asymmetrien oder Inhomogenitäten können die Sicherheit des Resultates ganz erheblich gefährden.

Die von Anderen aufgeworfene Frage, ob Drehwage oder gewöhnliche Wage — das principiell analoge Wilsing'sche Pendel einbegriffen — das bei Gravitationsmessungen überlegene Instrument sei, soll unerörtert bleiben; jedenfalls wird sie durch die blofse Angabe bez. Schätzung des wahrscheinlichen Fehlers bei Braun und Boys nicht entschieden und wird sich auch bei der grofsen Vervollkommnungsfähigkeit der gewöhnlichen Wage augenblicklich nicht entscheiden lassen.

---

[1] Phil. Trans. Roy. Soc. London, 186, A, p. 69; 1895.

[2] In später ausgegebenen Exemplaren ist durch einen eingeklebten Zettel das definitive Resultat verändert in $5.52725 \pm$ ca 0.0012.

Litteratur,
betreffend Gravitationsmessungen, mittlere Dichtigkeit der Erde und Abnahme der Schwere mit der Höhe.

1. Newton. Philosophiae naturalis principia mathematica. 1687. Liber III de mundi systemate, propositio X Theorema X: »Unde cum Terra communis suprema quasi duplo gravior sit quam aqua, et paulo inferius in fodinis quasi triplo vel quadruplo aut etiam quintuplo gravior reperiatur; verisimile est quod copia materiae totius in Terra quasi quintuplo vel sextuplo maior sit quam si tota ex aqua constaret«. Propositio VII Theorema VII: »Siquis obiiciat quod corpora omnia, quae apud nos sunt, hac lege gravitare deberent in se mutuo, cum tamen eiusmodi gravitas neutiquam sentiatur: Respondeo quod gravitas in haec corpora, cum sit at gravitatem in Terram totam ut sunt haec corpora ad Terram totam, longe minor est quam quae sentiri possit«.

2. Bouguer. La figure de la terre (1749) VII. Section Chap. IV, p. 364: Mémoire sur les attractions et sur la manière d'observer si les montagnes en sont capables; p. 379: Examen des attractions sur Chimboraço. Auch als besondere Abhandlung der Pariser Akademie im October 1739 mitgetheilt. Resultat, dafs die Erde im Innern vier- oder fünfmal dichter sei, als an ihrer Oberfläche (s. auch den Schlufs seiner Vorrede).

3. Lesage, Bertier, Achard. Über Versuche von Bertier mit der Wage, aus welchen er eine Zunahme der Schwere mit der Höhe folgert.

Observ. sur la Physique (späteres Journ. d. Phys.), Paris, II. 1773, p. 249, 251, 378. VII. 1776, p. 4. Es wird auf eine Idee von Descartes (mit Jolly's Methode übereinstimmend) und Versuche von Cotton (1664 in London) und Hooke (1665 ebenda) hingewiesen. Gesellsch Naturforsch. Berlin, II. 1776, S. 1. Nach A. de Luc (Pys. u. moral. Briefe über die Gesch. d Erde; Leipzig 1781; citirt in Gehler's Lexikon, Bd. I, S. 335) sind die Versuche von Bertier fingirt.

4. Maskelyne und Hutton. Abhandlungen, die Lothablenkung am Schehallien betreffend. Phil. Trans. 1775, S. 495, 500. 1778, S. 689. 1780, S. 1. 1821, S. 276. Phil. Mag. 1811, 38, S. 112. 1821, 58, S. 3. — Vergl. auch Playfair. Phil. Trans. 1811, S. 347. Definitiver Werth: $\Delta = 4.95$.

5. Cavendish. Erste Anwendung der von Michell 1768 und Coulomb 1777 angegebenen Drehwage. Phil. Trans. 88, 1798, S. 469. Gilbert Ann. Phys. 2, 1799, S. 1. $\Delta = 5.448$.

6. Robison. Lothablenkung durch die Fluth in der Fundy-Bai (Nord-Am.) 1807. Thomson u. Tait, theor. Phys., deutsch v. Wertheim I. 2. S. 379.

7. Baron F. X. von Zach. Messung von Lothablenkungen am Berge Mimet bei Marseille. Monatliche Correspondenz zur Beförd. d. Erd- u. Himmelskunde, Gotha, Bd. 21, 1810, S. 293. L'attraction des montagnes, Avignon 1814.

8. Laplace. Mécan. céleste. T. V. Livr. 11. 1824.

9. Ivory. Phil. Mag. t. 66, p. 321. 1825.

Unter Annahme zweiconstantiger Functionen für die Abnahme der Dichtigkeit vom Mittelpunkte der Erde bis zur Oberfläche wird die Gleichgewichtsfigur bei Rotation abgeleitet; aus Oberflächendichtigkeit und Abplattung die beiden Constanten, und dann die mittlere Dichtigkeit berechnet. Laplace: $\Delta = 4.76$; Ivory: 5.48. Diese Theorien sind überwunden durch Lipschitz, welcher eine dreiconstantige Function den 3 gegebenen Werthen: Ober-

flächendichtigkeit, Δ und Abplattung anpafst; Crelle's Journ. f. reine und angew. Mathem. Bd. 62, 1863, S. 1, 35. Bd. 63, 1864, S. 289.

10. Carlini. Bestimmung der Pendellänge auf dem Mont Cenis. Effemeridi astronom. di Milano, 1824, p. 28. Δ = 4.39.

Sabine (Quarterly Journ. of Science II. 1827, p. 153) berechnet 4.77; Giulio (Mem. Accad. Torino II. 1840, p. 379) berechnet 4.95 aus Carlini's Messungen.

11. Drobisch. Vorschlag, Δ aus Pendelmessungen in Schächten zu bestimmen. De vera Lunae figura. Leipzig 1826, S. 48; nach Gehler's Lexikon, Bd. 3, 1827, S. 970.

12. [Whewell und Airy.] Bestimmung der Pendellänge in den Minen von Dolcoath in Cornwall 1826 und 1828. Als Manuscript. Cambridge, University Press, 1828. Berichte von Drobisch, Pogg. Ann. Bd. 10, 1827, S. 444; Bd. 14, 1828, S. 409.

13. Reich. Versuche mittels der Drehwage. Compt. rend. t. 5, 1837, p. 697. Besondere Schrift, Freiberg 1838. Δ = 5.44 später verbessert in 5.49 ± 0.023. Neue Versuche: Abh. Ges. Wiss. math.-phys. Cl. Leipzig, Bd. 1, 1852, S. 385. Pogg. Ann. Bd. 85, 1852, S. 189. Phil. Mag. Bd. 5, 1853, S. 154. Ann. chim.-phys. Bd. 38, 1853, p. 382. Δ = 5.5832 ± 0.0149.

14. Baily. Drehwage. Monthly not. Astr. Soc. London. 4, 1839, p. 96, 141. 5, 1843, p. 188. Mem. Astr. Soc. 14, 1843, p. 1 und p. I. Pogg. Annal. 57, 1842, S. 453. Hierzu Bemerkung von Hearn, Phil. Trans. 1847, S. 217; von Reich in s. »Neue Versuche«; von Hicks, Proc. Cambridge Phil. Soc. vol. 5, part 2, 1884; p. 156. Δ = 5.6747; nach Berechnung von Cornu und Baille (s. unten) = 5.55.

15. F. G. W. von Struve. Vorschlag, die Lothablenkungen durch die Fluth im Kanal von Bristol zu messen. Astron. Nachr. 22, 1845. S. 37. Citirt von C. A. F. Peters, Bull. phys.-math. Acad. St. Petersburg, t. 3, 1861, p. 212. Ebenda auch noch andere Vorschläge.

16. Airy. Bestimmung der Pendellänge im Harton-Kohlenbergwerk. Phil. Trans. 1856, S. 297, 343. Pogg. Ann. 98, 1856, S. 599. Hierzu Bemerkungen von Stokes ebenda p. 363; von Haughton Phil. Mag. 12, 1856, S. 50; von Folie, Fortsch. d. Phys. 1873, Bd. 29, S. 132. Δ = 6.565.

17. James und Clarke. Lothablenkung am Berge Arthurs Seat bei Edinburgh. Phil. Trans. 1856, S. 591, 607. Proc. Lond. 8, 1856, p. 111. Phil. Mag. 13, 1858, S. 129. Δ = 5.316.

18. Pechmann. Abweichungen der Lothlinie in den Alpen. Wien, bei Gerold. 1863 bis 1865. Denksch. math.-naturw. Cl. Akad. d. Wiss. Wien. 22. 1864. Δ = 6.13.

19. Zöllner, Šafařik, Günther. Geschichte des Hengler'schen Horizontalpendels. Ber. d. Ges. d. Wiss. math.-phys. Cl., Leipzig, 1872, S. 183. Pogg. Ann. 150, 1873, S. 140, 150, 496. Sitz.-Ber. Ges. Wiss. Prag, 1872, S. 51. Jahresber. geogr. Ges. München, 1894, S. 56.

20. Cornu und Baille. Drehwage. Compt. rend. t. 76. 1873, p. 954; t. 86, 1878, p. 571, 699, 1001; t. 96, 1883, p. 1493. Wied. Ann. Beibl. 2, 1878, S. 453. Δ = 5.50 bez. 5.56 aus zwei Gruppen von Beobachtungen.

21. Jolly. Anwendung der gewöhnlichen Wage zur Bestimmung der Abnahme der Schwere mit der Höhe und von Δ. Abh. Akad. der Wiss. München 2. Cl. Bd. 13, Abth. 1, 1878, S. 157; Bd. 14, Abth. 2, 1881, S. 1. Wied. Ann. 5, 1878, S. 112; 14, 1881, S. 331. Bemerkungen von A. Kurz, Exner's Repert. d. Physik, 24, 1888, S. 202, Blätter f. Bayr. Realschulwesen. 8, 1888, S. 30. Δ = 5.692.

22. J. H. Poynting. Andere Art der Anwendung der gew. Wage. Proc. Roy. Soc. London. vol. 28, 1878, p. 2. Phil. Trans. vol. 182, 1891, A. p. 565. Physikal. Revue, Stuttgart, 1, 1892, S. 456, 561, 700. Naturw. Rundschau 1893, S. 625. The mean Density of the Earth. London, Griffin & Co., 1894; enthält eine Bibliographie, welcher verschiedene der vorstehenden Litteraturangaben entnommen sind. Endgültiges Resultat Δ = 5.4934.

23. Mendenhall. Messung der Pendellänge zu Tokio und auf dem Fujinoyama. Americ. Journ. of Science, vol. 20, 1880, p. 124; vol. 21, 1881, p. 99. Memoirs Univ. Tokio, Nr. 5 Tokio Daigaku, 1881. Appendices von Tanakadate, Fujisawa u. A., ebenda 1882, 1884, 1885. $\Delta = 5.77$.

24. Keller. Diminuzione della gravità coll' altezza (Versuche nach der Methode von Jolly). Mem. Accad. d. Lincei; cl. d. sc. fisiche, vol. 9, 1881, p. 103. Atti Acc. Linc.; rendiconti; vol. 2, fasc. 5, 1886, p. 145.

25. von Sterneck. Pendelmessungen im Adalbertschachte bei Příbram (Böhmen), in Kronstadt, Sághegy und im Abrahamschachte bei Freiberg (Sachsen). Mitt. d. milit. geogr. Inst. Wien, Bd. 2–6, 1882–1886. $\Delta = 6.28$; 5.01; 5.68; 7 und mehr.

26. Arbeiten der Kgl. sächsischen Gradmessung. III. 2. 1885. Pendellänge in Schächten. $\Delta = 2$ bis 3.

27. Wilsing. Pendel-Apparat mit 2 Kugeln symmetrisch zur Schneide. Publicationen d. Astrophys. Obs. zu Potsdam Nr. 22, Bd. 6, Stück 2; 1887, S. 35. Nr. 23, Bd. 6, Stück 3; 1889; S. 133. Sitz.-Ber. Akad. d. Wiss. Berlin, 1885, S. 13; 1887, S. 327. Vierteljahrschr. d. Astron. Ges. 24, 1889, S. 18, 184. $\Delta = 5.594$ (erste); 5.577 (zweite Reihe).

28. Keller. Sulla deviazione del filo a piombo prodotta dal prosciugamento del Lago di Fucino. Atti Accad. d. Lincei. Rendiconti 3, 1887, p. 493.

29. Laska. Vorschlag, Wilsing's Pendel durch Interferenzen wie Fizeau's Dilatometer abzulesen. Zeitschr. Instrum.-Kunde, 9, 1889, p. 354.

30. Thiesen. Détermination de la variation de la pesanteur avec la hauteur. Trav. et mém. d. bureau internat. des poids et mes., t. VII. 1890.

31. Berget. Einfluss der Schwankungen des Spiegels eines Sees zu Habay-la-Neuve (belg. Luxemburg) auf ein Gravimeter, dessen Angaben aber nach einer Kritik von Gouy illusorisch sind. Compt. rend. 1893, t. 116, p. 1501. t. 117, p. 96. Naturw. Rundsch. 1893, S. 439, 452.

32. C. V. Boys. Drehwage von besonders günstiger Form an Quarzfaden suspendirt. Proc. Roy. Soc. London 56, 1894, p. 131. Phil. Trans. London, 186, A, 1895, p. 1. Wied. Ann. Beibl. 19, 1895, S. 229. $\Delta = 5.5270$.

33. K. Scheel und H. Diesselhorst. Bestimmung der Änderung der Schwere mit der Höhe auf dem Grundstücke d. Phys. Techn.-Reichsanstalt zu Charlottenburg (durch Wägungen). Wiss. Abhandl. ders. 2, 1895, S. 185. Ztschrft. f. Instrum.-Kunde, 16, 1896, S. 25. Resultat: Abnahme pro Meter und pro Kilogramm gleich $0^{mg}.295$. Spandauer Resultat in derselben Weise ausgedrückt $0^{mg}.291$ (Theorie: $0^{mg}.314$). Die umgebenden Mauermassen waren in Charlottenburg jedenfalls kleiner als in Spandau; dagegen befindet man sich mehr in der Mitte des auf S. 109 unserer Arbeit erwähnten Salzlagers.

34. C. Braun. Drehwage im Vacuum. Denkschriften math.-naturw. Cl. Akad. Wiss. Wien, 64, 1896. Naturw. Rundschau 1897, S. 273. $\Delta = 5.5273 \pm 0.0012$.

35. von Eötvös. Drehwage. Wied. Ann. 59, 1896, S. 354. Vorläufiges Resultat $G = 6.65 \cdot 10^{-8}$ (woraus in derselben Weise wie S. 111 unserer Arbeit $\Delta = 5.53$).

Ausführliche Darstellungen enthalten:

Gehler's Physikalisches Wörterbuch, Leipzig 1825. Artikel: Anziehung, Drehwage, Erde.

Helmert. Theorien d. höheren Geodaesie, Leipzig 1884, Bd. II, S. 379, 476, 493.

Günther, Lehrbuch der Geophysik, 2. Aufl. Stuttgart 1897, Bd. I. S. 163–206.

BEOBACHTUNGSPROTOKOLLE.

I. Wägungen ohne Bleiklotz.

Horizontalvertauschungen.

26. September 1890. Anfangsstellung $\frac{Sp \mid Ho}{Hm \mid Sd}$

I	II	III*a*	III*b*	IV	V
478.1 517.7 486.6	465.4 485.1 468.8	492.1 520.8 498.0	477.1 530.3 489.0	502.3 532.7 508.0	488.5 545.8 500.3
520.1 547.4 526.7	519.2 503.6 517.7				
512.5 493.8 505.3	465.2 487.3 467.9				
l 1.4_0 *r* 0	*l* 0.8_L *r* 1.4.	*l* 1.4_0 *r* 0	*l* 1.4_0 *r* 0	*l* 1_0 *r* 1.4.	*l* 1.4_0 *r* 0
l 1.4_0+1_0 *r* 0.8.	*l* 1_0 *r* 1.4.				

Anfang $\vartheta_o = 12.25$ $b = 766.71$ $\vartheta_u = 11.69$
Ende $\vartheta_o = 12.23$ $b = 763.78$ $\vartheta_u = 11.69$

Bei der Berechnung sind die beiden Tripel I II III*a* und III*b* IV V zu sondern. Alle Aequilibrirungen müssen auf die von III IV V umgerechnet werden.

---

6. October 1890. Anfangsstellung $\frac{Sd \mid Hm}{Ho \mid Sp}$

I	II	III*a*	III*b*	IV	V
504.9 520.2 505.7	518.0 463.0 513.8	499.5 520.5 501.4	497.0 520.8 498.9	446.0 512.0 450.3	504.6 522.0 505.9
534.7 513.4 533.6	488.4 511.4 490.4	547.3 565.0 549.2	575.2 535.8 573.1	454.0 515.8 458.0	
505.0 520.8 505.9	470.9 506.3 473.1	502.8 520.9 503.2	502.7 519.6 503.3	549.4 513.9 547.5	
503.4 521.9 504.2	462.2 516.2 466.0	506.0 522.0 507.0		472.7 500.1 474.1	
	560.3 515.8 557.1				
	466.5 514.7 469.4				
l 0 *r* 9.	1,3,4,6) *l* 0 *r* 1.+9.	*l* 0 *r* 9.	*l* 0 *r* 9.	*l* 0 *r* 1.+9.	*l* 0 *r* 9.
	2) *l* 1_0 *r* 0.8.+1.+9.				
l 1_0 *r* 0.8.+9.	5) *l* 0.8_L *r* 1.+9.	*l* 0.8_L *r* 9.	*l* 0.8_L *r* 9.	*l* 0.8_L *r* 1.+9.	

Anfang $\vartheta_o = 11.97$ $b = 758.71$ $\vartheta_u = 11.61$
Ende $\vartheta_o = 12.04$ $b = 757.50$ $\vartheta_u = 11.63$

Zwei Tripel wie bei vorigem. I und III für Aequilibrirung wie V berechnet; II und IV auf *l* 0 *r* 1+9.

---

10. October 1890. Anfangsstellung $\frac{Sp \mid Ho}{Hm \mid Sd}$

I	II	III*a*	III*b*	IV	V
463.4 502.6 464.4	488.8 521.1 489.4	486.4 521.0 487.3	475.0 520.5 476.2	485.3 521.1 486.3	473.3 521.2 474.5
541.5 503.3 540.9	492.2 521.7 493.0	554.6 515.7 553.8	509.8 546.1 511.4	484.5 521.8 485.5	478.2 522.0 479.0
463.2 503.7 464.2	495.3 521.4 496.0	491.2 516.8 491.9	520.6 477.0 518.9		
487.0 521.4 488.0	489.0 521.9 489.8	474.5 520.6 475.8	481.1 522.0 482.3		
551.7 520.0 551.0		475.0 521.2 476.0	477.3 520.9 478.7		
489.0 519.8 489.8		479.8 521.2 481.0			
482.5 521.0 483.2		473.4 521.0 474.6			
480.5 521.0 481.5		477.2 521.0 478.4			
480.0 521.3 481.0					
481.0 521.0 482.2					
1,3) *l* $0.8_L+1.4_0$ *r* 9.	*l* 1_0 *r* 9.	*l* 1_0+3_0 *r* 1.4.+9.	*l* 1_0+3_0 *r* 1.4.+9.	*l* 1_0 *r* 9.	*l* 1_0+3_0 *r* 1.4.+9.
2) *l* $0.8_L+1_0+1.4_0$ *r* 9.		2) *l* $1_0+3_0+0.8_0$ *r* 1.4.+9.	2) *l* $1_0+3_0+0.8_0$ *r* 1.4.+9.		
5) *l* $0.8_L+1_0+3_0$ *r* 9.+1.4.					
4,6—10) *l* 1_0+3_0 *r* 9.+1.4.					

Anfang $\vartheta_o = 11.71$ $b = 761.31$ $\vartheta_u = 11.51$
Ende $\vartheta_o = 11.71$ $b = 761.38$ $\vartheta_u = 11.51$

2 Tripel wie vorig. I III V auf *l* 3+1 *r* 1.4+9; II IV auf *l* 1 *r* 9 berechnet.

13. October 1890. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Ho}\Big|\frac{Hm}{Sp}$

I	II	III *a*	III *b*	IV	V
468.0 553.1 469.9	497.5 523.0 499.0	499.1 521.8 500.0	497.0 521.8 497.7	501.8 522.1 502.2	496.2 521.8 497.0
562.9 520.2 562.0	505.0 523.1 505.4	501.0 522.0 501.6	561.2 518.6 560.2	505.6 522.3 506.0	500.2 522.0 501.0
501.0 521.3 501.2	509.0 523.1 509.2		500.7 519.0 501.0	502.0 522.0 502.8	500.7 523.0 501.1
502.0 521.9 502.6	503.5 522.5 504.0		500.1 522.0 500.7		499.0 521.9 499.8
501.8 521.9 502.1					512.2 567.2 514.0
					535.3 487.2 533.7
$l\ 1_0+1.4_0$ r 9. $l\ 1_0+1.4_0+0.8$ʟ r 9.	$l\ 1_0+1.4_0$ r 0.8.+9.	$l\ 1_0+1.4_0$ r 9.	$l\ 1_0+1.4_0$ r 9. $l\ 1_0+1.4_0+0.8$ʟ r 9.	$l\ 1_0+1.4_0$ r 0.8.+9.	$l\ 1_0+1.4_0$ r 9. 5) $l\ 1_0+0.8$ʟ$+1.4_0$ r 9.

Anfang $\vartheta_o = 11.81$ $b = 769.13$ $\vartheta_u = 11.51$
Ende $\vartheta_o = 11.84$ $b = 768.02$ $\vartheta_u = 11.51$

2 Tripel wie vorig. I III V auf l 1+1.4 r 9; II IV auf l 1+1.4 r 9+0.8 berechnen.

14. October 1890. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Hm}\Big|\frac{Ho}{Sd}$

I	II	III *a*	III *b*	IV	V
486.1 520.8 487.2	472.8 519.9 474.0	520.9 477.6 519.2	475.7 519.8 476.9	469.2 520.0 470.9	475.2 520.2 476.6
547.7 520.3 547.2	471.0 520.0 472.2	477.1 519.7 478.1	535.9 519.1 535.4	472.9 520.0 474.1	
488.0 520.2 488.6	475.4 520.0 476.5	477.0 520.2 478.0	476.4 518.9 477.6		
477.0 521.0 478.2			480.9 520.0 481.9		
474.5 520.1 476.0					
482.3 522.0 483.3					
476.5 519.9 477.7					
481.4 520.6 482.2					
$l\ 1_0+3_0$ r 1.4.+9. 2) $l\ 1_0+3_0+0.8$ʟ r 1.4.+9.	l 0.8ʟ r 9.	$l\ 1_0+3_0$ r 1.4.+9.	$l\ 1_0+3_0$ r 1.4.+9. 2) $l\ 1_0+3_0+0.8$ʟ r 1.4.+9.	$l\ 0.8_c$ r 9.	$l\ 1_0+3_0$ r 1.4.+9.

Anfang $\vartheta_o = 11.88$ $b = 765.66$ $\vartheta_u = 11.52$
Ende $\vartheta_o = 11.87$ $b = 764.35$ $\vartheta_u = 11.52$

Tripel wie vorig. I III V auf l 3+1 r 1.4+9 II IV auf l 0.8 r 9 berechnen.

18. October 1890. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Ho}\Big|\frac{Hm}{Sd}$

I	II	III *a*	III *b*	IV	V
487.0 520.3 488.0	488.8 520.8 489.4	496.7 521.0 497.2	487.0 520.9 488.0	487.8 520.6 488.8	483.8 520.3 484.8
546.4 520.8 546.0	556.6 511.8 555.7	481.6 520.4 482.8	484.8 520.5 485.9	488.1 520.8 489.1	548.1 514.5 547.2
487.1 520.8 487.7	490.8 518.7 491.3	483.4 520.8 484.5			485.3 519.2 486.1
481.0 520.8 482.0	491.4 521.0 492.2	485.0 520.0 485.9			484.4 520.7 485.5
482.2 520.7 483.1	491.0 520.6 491.8	482.7 521.0 483.8			
482.7 521.0 483.7	490.8 521.2 491.4				
484.2 520.0 485.1					
492.1 521.0 493.0					
485.1 521.0 487.0					
481.3 520.8 482.1					
482.8 520.8 483.8					
l 0 r 1.+1.4.+3.. 2) l 0.8ʟ r 1.+1.4.+3..	$l\ 1.4_0$ r 1.+9. 2) $l\ 1.4_0+0.8$ʟ r 1.+9.	l 0 r 1.+1.4.+3..	l 0 r 1.+1.4.+3..	$l\ 1.4_0$ r 1.+9.	l 0 r 1.+1.4.+3.. 2) l 0.8ʟ r 1.+1.4.+3..

Anfang $\vartheta_o = 11.72$ $b = 745.11$ $\vartheta_u = 11.46$
Ende $\vartheta_o = 11.71$ $b = 744.45$ $\vartheta_u = 11.46$

Tripel wie vorig. I III V auf l 0 r 1+1.4+3 II IV auf l 1.4 r 1+9 zu berechnen.

20. October 1890. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Hm}\Big|\frac{Ho}{Sp}$

I	II	III*a*	III*b*	IV	V
495.8 521.1 496.2	499.0 521.2 500.1	490.3 520.7 491.1	489.1 520.3 490.1	487.9 520.5 488.9	486.0 520.2 487.0
554.0 521.9 553.3	500.1 521.2 501.0	497.0 521.0 497.9	555.0 513.0 554.0	491.4 520.8 492.2	
496.0 521.4 496.6	498.0 521.1 498.4	491.6 521.5 492.3	490.9 519.6 491.4	494.0 520.5 495.8	
495.4 521.0 496.0	499.0 521.0 499.4	488.9 520.6 489.8	489.0 520.3 490.0		
495.9 520.7 496.3		491.5 520.8 492.2	486.0 520.0 487.0		
495.9 521.0 496.4			486.9 520.2 487.9		
l 1$_0$+1.4$_0$ r 0.8.+9. 2) l 1$_0$+1.4$_0$+0.8$_L$ r 0.8.+9.	l 1$_0$+1.4$_0$ r 9.	l 1$_0$+1.4$_0$ r 0.8.+9.	l 1$_0$+1.4$_0$ r 0.8.+9. 2) l 1$_0$+1.4$_0$+0.8$_L$ r 0.8.+9.	l 1$_0$+1.4$_0$ r 9.	l 1$_0$+1.4$_0$ r 0.8.+9.

Anfang $\vartheta_o = 11.55$ $b = 759.52$ $\vartheta_u = 11.36$
Ende $\vartheta_o = 11.53$ $b = 760.15$ $\vartheta_u = 11.38$

Tripel wie vorig. I III V auf l 1+1.4 r 0.8+9 II IV auf l 1+1.4 r 9 zu berechnen.

21. October 1890. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Ho}\Big|\frac{Hm}{Sd}$

I	II	III*a*	III*b*	IV	V
491.1 520.0 492.0	490.6 520.0 491.6	485.5 520.0 486.7	488.8 519.5 489.8	491.0 519.9 492.0	480.8 519.0 482.0
549.0 521.3 548.2	551.0 517.7 550.1	488.8 520.2 489.9	549.0 516.2 548.1	500.2 520.8 501.0	484.5 519.8 485.8
491.8 520.8 492.3	494.0 517.7 494.6	487.0 519.6 488.2	493.0 516.3 493.3	494.1 519.8 494.9	
483.9 519.9 484.9	492.0 520.5 492.7		484.5 519.6 485.5	500.9 519.6 501.3	
487.9 520.0 488.7	491.2 520.2 492.1		484.1 519.3 485.1	493.0 520.0 494.0	
483.0 520.0 484.0				487.0 519.9 488.9	
483.9 520.4 484.8					
484.0 520.5 485.0					
l 0 r 1.+1.4.+3.. 2) l 0.8$_L$ r 1.+1.4.+3..	l 1.4$_0$ r 1.+9. 2) l 1.4$_0$+0.8$_L$ r 1.+9.	l 0 r 1.+1.4.+3..	l 0 r 1.+1.4.+3.. 2) l 0.8$_L$ r 1.+1.4.+3..	l 1.4$_0$ r 1.+9.	l 0 r 1.+1.4.+3..

Anfang $\vartheta_o = 11.40$ $b = 767.25$ $\vartheta_u = 11.29$
Ende $\vartheta_o = 11.33$ $b = 767.70$ $\vartheta_u = 11.25$

Tripel wie vorig. I III V auf l 0 r 1+1.4+3 II IV auf l 1.4 r 1+9 zu berechnen.

17. November 1890. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Hm}\Big|\frac{Ho}{Sp}$

I	II	III*a*	III*b* [1]	IV	V [1]
484.0 523.0 484.7	479.9 520.1 480.6	473.0 533.2 474.4	482.4 517.1 483.1	487.2 518.2 488.0	485.5 517.8 486.3
543.1 520.8 543.0	479.9 520.2 480.6	490.1 518.8 490.7	479.0 518.5 479.8	489.7 518.0 490.2	485.9 518.9 486.4
481.9 525.0 482.3	473.8 525.0 474.6	490.8 520.8 491.4	483.9 518.2 484.7	486.1 518.7 487.0	484.2 517.5 485.0
487.1 521.8 487.7	466.0 534.9 467.4	489.8 520.8 490.2	482.1 518.2 483.0	486.1 518.0 487.0	
481.0 522.0 481.9	540.0 517.0 539.9	489.2 523.2 490.0			
485.0 520.1 485.5	476.6 524.6 477.3				
486.9 519.6 487.4					
486.7 521.3 487.0					
478.2 528.6 479.3					
l 3$_0$ r 1.4. 2) l 3$_0$+0.8$_L$ r 1.4.	l 1$_0$+1.4$_0$ r 0 5) l 1$_0$+1.4$_0$+0.8$_L$ r 0	l 3$_0$ r 1.4.	l 1.4$_0$ r 0	l 1$_0$+1.4$_0$ r 0	l 1.4$_0$ r 0

Anfang $\vartheta_o = 10.36$ $b = 765.09$ $\vartheta_u = 10.41$
Ende $\vartheta_o = 10.33$ $b = 765.34$ $\vartheta_u = 10.41$

Tripel wie vorig.

[1] auf Aequilibrirung III*a* umgerechnet. I III V für l 3 r 1.4 II IV für l 1+1.4 r 0 zu berechnen.

18. November 1890. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Ho}\Big|\frac{Hm}{Sd}$

I	II	III*a*	III*b*	IV	V
480.0 518.2 480.8	478.5 519.1 479.6	482.1 518.4 483.0	485.9 518.0 486.4	483.8 516.0 484.6	485.1 517.4 485.9
482.7 518.0 483.0	479.5 517.0 480.1	483.0 517.1 483.9	481.2 518.1 482.0	485.0 516.8 485.9	483.5 516.0 484.1
538.7 516.0 538.2	479.0 518.1 480.0		482.1 517.0 482.8	538.5 516.8 538.1	486.0 515.8 486.8
479.1 520.3 479.9			483.1 516.0 484.0	483.2 518.5 484.0	
481.2 518.5 481.8				481.5 517.3 482.0	
				480.0 518.0 480.9	
$l\ 1.4_0+3_0$ r 0.8. 3) $l\ 1.4_0+3_0+0.8_{\llcorner}$ r 0.8.	$l\ 1_0$ r 0.8.	$l\ 1.4_0+3_0$ r 0.8.	$l\ 1.4_0+3_0$ r 0.8.	$l\ 1_0$ r 0.8. 3) $l\ 1_0+0.8_{\llcorner}$ r 0.8.	$l\ 1.4_0+3_0$ r 0.8.

Anfang $\vartheta_o = 10.33$ $b = 770.99$ $\vartheta_u = 10.39$
Ende $\vartheta_o = 10.31$ $b = 770.64$ $\vartheta_u = 10.39$

Tripel wie vorig. I III V auf l 1.4+3 r 0.8; II IV auf l 1 r 0.8 berechnen.

---

19. November 1890. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Hm}\Big|\frac{Ho}{Sp}$

I	II	III*a*	III*b*	IV	V
494.8 516.0 495.1	489.2 518.1 490.0	497.0 516.1 497.0	496.1 518.0 496.7	495.2 516.4 496.0	492.3 518.7 493.0
552.4 512.1 551.9	490.0 517.9 490.8	493.5 516.1 494.2	495.7 517.1 496.1	493.8 517.0 494.0	554.5 510.0 553.7
492.5 518.6 492.7	487.0 517.0 487.8	493.9 517.2 494.3	494.0 518.0 494.7	492.3 515.9 493.0	492.7 519.0 493.0
492.3 518.0 493.0	488.0 517.8 489.0			492.0 516.8 492.7	498 5 517.0 498.9
	488.0 517.1 488.7				493.0 516.0 493.6
					496.0 516.0 496.3
$l\ 3_0$ r 1.4. 2) $l\ 3_0+0.8_{\llcorner}$ r 1.4.	$l\ 1_0+1.4_0$ r 0	$l\ 3_0$ r 1.4.	$l\ 3_0$ r 1.4.	$l\ 1_0+1.4$ r 0	$l\ 3_0$ r 1.4. 2) $l\ 3_0+0.8_{\llcorner}$ r 1.4.

Anfang $\vartheta_o = 10.23$ $b = 769.60$ $\vartheta_u = 10.31$
Ende $\vartheta_o = 10.21$ $b = 769.55$ $\vartheta_u = 10.31$

Tripel wie vorig. I III V auf l 3 r 1.4; II IV auf l 1+1.4 r 0 berechnen.

---

20. November 1890. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Ho}\Big|\frac{Hm}{Sd}$

I	II	III*a*	III*b*	IV	V
496.7 518.9 497.0	492.8 519.0 493.0	492.5 519.0 493.0	494.2 518.0 495.0	493.6 516.0 494.0	494.0 516.3 494.6
551.1 517.0 550.7	494.0 517.1 494.4	493.7 517.0 494.0	498.3 515.8 499.0	492.6 516.0 493.1	495.6 517.0 496.0
498.3 517.2 498.8	492.9 516.0 493.5	498.0 519.0 498.4	496.2 516.9 497.0	491.3 516.0 492.0	493.5 516.3 494.0
499.5 516.6 499.9	497.2 518.2 497.9	491.8 518.0 491.2			
	489.0 516.8 490.0	491.2 517.0 492.0			
	494.0 517.0 494.6	494.1 516.8 494.6			
	489.0 518.7 489.8	495.0 517.3 495.4			
$l\ 1.4_0+3_0$ r 0.8. 2) $l\ 1.4_0+3_0+0.8_{\llcorner}$ r 0.8.	$l\ 1_0$ r 0.8.	$l\ 1.4_0+3_0$ r 0.8.	$l\ 1.4_0+3_0$ r 0.8.	$l\ 1_0$ r 0.8.	$l\ 1.4_0+3_0$ r 0.8.

Anfang $\vartheta_o = 10.11$ $b = 762.77$ $\vartheta_u = 10.23$
Ende $\vartheta_o = 10.10$ $b = 762.46$ $\vartheta_u = 10.24$

Tripel wie vorig. I III V auf l 1.4+3 r 0.8; II IV auf l 1 r 0.8 berechnen.

21. November 1890. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Hm} \Big| \frac{Ho}{Sp}$

I	II	III*a*	III*b*	IV	V
496.2 516.0 496.9	495.1 509.9 495.5	491.0 516.5 492.0	494.4 516.0 495.0	479.0 521.5 480.4	496.6 517.4 497.0
555.3 509.1 554.3	489.3 516.5 490.0	490.0 516.5 490.5	548.0 513.0 547.5	486.2 516.3 487.0	
521.6 492.7 520.4	486.2 517.0 487.0	491.0 517.9 491.6	490.2 520.7 491.0	484.9 517.1 485.5	
495.2 518.7 495.9	484.1 516.6 485.0	498.0 516.4 498.3	498.1 516.8 498.8		
497.0 517.0 497.3	489.9 516.0 490.1	490.0 516.5 490.4	501.5 515.3 501.9		
		491.3 515.0 492.0	499.0 515.8 499.6		
			490.3 516.6 491.0		
			491.9 516.2 492.3		
l 1.4$_0$ r 0 2) l 1.4$_0$+0.8.. r 0	l 3$_0$ r 0.8.	l 1.4$_0$ r 0	l 1.4$_0$ r 0 2) l 1.4$_0$+0.8.. r 0	l 3$_0$ r 0.8.	l 1.4$_0$ r 0

Anfang $\vartheta_o = 10.10$ $b = 760.77$ $\vartheta_u = 10.22$
Ende $\vartheta_o = 10.10$ $\vartheta_u = 10.21$

Tripel wie vorig. I III V auf l 1.4 r 0; II IV auf l 3 r 0.8 berechnen.

---

4. August 1891. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Hm} \Big| \frac{Ho}{Sd}$

I	II	III	IV	V
501.7 510.3 502.1	510.6 505.9 510.6	499.5 524.2 502.5	499.9 523.0 503.3	521.2 507.9 521.1
547.7 517.7 546.4	498.0 518.0 500.0	519.0 507.8 518.5	501.6 518.7 504.0	499.0 529.4 502.4
502.0 510.3 503.1	511.0 506.7 510.9	522.9 506.0 522.0	501.9 519.3 504.1	525.5 505.3 524.4
501.8 512.0 503.0	504.9 512.0 506.7			
	500.3 517.5 502.4			
	517.1 502.7 516.5			
l 1.4$_0$+1.. r 0 2) l 1.4$_0$+1..+0.8.. r 0	l 0.8.. r 0	l 1.4$_0$+1.. r 0	l 0.8.. r 0	l 1..+1.4.. r 0

Anfang $\vartheta_o = 11.56$ $b = 754.20$ $\vartheta_u = 10.84$
Ende $\vartheta_o = 11.56$ $b = 754.65$ $\vartheta_u = 10.84$

Alle 5 Einstellungen gleichwerthig. I III V auf l 1+1.4 r 0; II IV auf l 0.8 r 0 berechnen.

---

8. August 1891. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Ho} \Big| \frac{Hm}{Sp}$

I	II	III	IV	V
478.2 503.7 480.2	525.2 507.0 524.4	527.5 506.0 526.7	528.2 508.1 527.0	527.0 504.1 525.9
526.2 509.0 525.7	531.2 503.0 529.9	525.9 506.2 525.1	531.7 506.2 530.1	528.3 503.8 527.0
479.5 506.8 482.0	525.2 505.7 525.0	526.0 507.1 525.0	528.1 507.0 527.0	473.7 502.9 475.6
530.6 509.1 529.7	525.5 506.8 524.8			522.3 504.9 521.5
486.8 504.9 488.2				
536.7 508.1 535.1				
504.1 528.9 505.4				
530.2 501.3 528.8				
524.5 508.1 523.8				
1, 3, 5) l 1..+1.4$_0$ r 0.8. 2, 4, 6) l 1..+1.4$_0$ r 0 7, 8, 9) l 1.4$_0$+0.8.. r 0	l 1.4$_0$ r 0	l 1.4$_0$+0.8.. r 0	l 1.4$_0$ r 0	l 1.4$_0$+0.8.. r 0 3) l 1.4$_0$+0.8.. r 0.8.

Anfang $\vartheta_o = 11.32$ $b = 758.62$ $\vartheta_u = 10.74$
Ende $\vartheta_o = 11.32$ $b = 758.92$ $\vartheta_u = 10.79$

Alle 5 Einstellungen gleichwerthig. I III V auf l 1.4+0.8 r 0; II IV auf l 1.4 r 0 berechnen.

11. August 1891. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Hm}\Big|\frac{Ho}{Sd}$

I	II	III *a*	III *b*	IV	V
542.5 507.8 540.8	507.5 481.1 506.0	509.0 484.1 507.7	504.7 472.0 502.6	504.2 473.8 502.4	504.0 469.8 502.0
504.2 482.2 502.9	507.0 483.5 505.7	505.4 490.3 504.6	502.4 477.4 500.9	502.6 478.8 501.0	508.5 466.6 505.8
541.9 508.1 540.0	504.1 484.8 502.9	513.7 480.9 511.7	502.3 475.7 500.5	504.8 475.0 502.8	541.9 501.4 539.7
508.3 478.0 506.3					509.7 472.5 507.2
					535.0 506.8 533.2
					502.4 471.8 500.2
					505.8 470.3 503.3
					534.0 506.1 532.4
					505.0 474.0 502.8
l 1.4₀+0.8..+1.. r 0 l 1.4₀+0.8.. r 0	l 1.4₀ r 0.8.	l 1.4₀+0.8.. r 0	l 3₀ r 1.	l 1.4₀ r 1.	1, 2, 4, 6, 7, 9) l 3₀ r 1. 3, 5, 8) l 3₀+1.. r 1.

Anfang $\vartheta_o = 11.56$ $b = 758.31$ $\vartheta_u = 10.88$
Ende $\vartheta_o = 11.54$ $b = 759.67$ $\vartheta_u = 10.88$

2 Tripel wie 1890. I III V auf l 3₀ r 1.; II IV auf l 1.4₀ r 1. zu berechuen.

15. August 1891. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Ho}\Big|\frac{Hm}{Sp}$

I[1]	II	III	IV	V
504.2 482.8 503.0	503.8 473.2 501.9	503.0 470.1 501.1	502.5 470.3 500.7	504.5 469.8 502.3
508.8 543.0 511.2	532.2 505.8 531.0	542.2 506.1 540.2	535.0 506.0 533.5	536.8 505.2 535.0
483.0 505.2 484.6	506.0 469.2 503.3	505.3 477.0 503.5	505.0 469.6 502.7	505.2 476.0 503.5
547.7 509.4 545.8		508.3 466.8 506.3		
503.6 489.1 502.5		534.4 506.0 533.2		
505.0 472.3 502.8				
501.8 473.8 499.7				
1, 3, 5) l 1.4₀+0.8.. r 0 2, 4) l 1.4₀+0.8..+1.. r 0 6, 7) l 3₀ r 1.	1, 3) l 1.4₀ r 1. 2) l 1.4₀+1.. r 1.	l 3₀ r 1. l 3₀+1.. r 1.	l 1.4₀ r 1. l 1.4₀+1.. r 1.	l 3₀ r 1. l 3₀+1.. r 1.

Anfang $\vartheta_o = 11.48$ $b = 756.14$ $\vartheta_u = 10.90$
Ende $\vartheta_o = 11.50$ $b = 755.48$ $\vartheta_u = 10.91$

[1] Umgerechnet auf l 3₀+½1.. r 1. — Im übrigen normale Berechnungsweise, ebenso bei allen folgenden Reihen, insofern nicht anders bemerkt.

19. August 1891. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Hm}\Big|\frac{Ho}{Sd}$

I	II[1]	III *a*	III *b*	IV[1]	V
505.4 471.3 504.0	506.7 480.9 505.2	504.3 475.6 502.9	506.2 476.4 505.1	507.7 476.2 506.2	530.3 505.9 529.9
530.8 508.8 530.0	505.3 471.1 502.3	537.7 508.1 536.4	541.3 503.5 539.7	534.1 505.4 533.0	505.7 472.2 503.5
502.4 476.5 500.8	536.0 501.7 534.2	506.8 479.0 505.0	503.2 477.0 501.5	505.9 469.7 503.4	534.3 504.3 533.0
538.3 507.1 536.8	505.0 472.2 502.8			532.0 505.7 530.7	506.0 473.3 503.9
503.4 477.4 501.8				503.3 472.3 501.2	
l 1..+0.8.. r 0 l 3₀+0.8.. r 1.	1) l 1.. r 0 2 u. 4) l 0.8.. r 0 3) l 1..+0.8.. r 0	l 1..+0.8.. r 0 l 3₀+0.8.. r 1.	l 1..+0.8.. r 0 l 3₀+0.8.. r 1.	1) l 1.. r 0 2 u. 4) l 1..+0.8.. r 0 3 u. 5) l 0.8.. r 0	l 3₀+0.8.. r 1. l 1..+0.8.. r 0

Anfang $\vartheta_o = 11.59$ $b = 752.80$ $\vartheta_u = 10.97$
Ende $\vartheta_o = 11.65$ $b = 754.33$ $\vartheta_u = 10.99$

Zwei Tripel wie 1890.

[1] umgerechnet auf l 0.8..+½1.., r 0.

23. August 1891. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Ho}\Big|\frac{Hm}{Sp}$

I			II			III			IV			V		
528.3	505.8	527.7	528.3	503.1	527.4	506.4	465.4	504.4	505.0	462.3	502.8	533.8	494.9	532.1
503.4	468.6	501.2	503.0	470.0	501.0	535.9	499.2	534.2	530.4	501.9	529.1	504.1	469.0	501.9
538.3	500.1	536.2	538.0	498.0	535.9	504.3	471.1	502.0	503.3	468.0	501.0	543.7	497.2	540.8
504.5	470.0	502.1	507.5	464.9	504.9	533.6	503.1	532.2	525.6	502.9	524.4	510.0	462.1	506.9
544.3	494.4	541.5	529.2	506.0	528.3				504.0	464.7	501.4	522.2	507.0	521.5
l 3_0 r 0			l 1.4_0 r 0			l 3_0 r 1.			l 1.4_0 r 1.			l 3_0 r 0		
l 3_0 r 1.			l 1.4_0 r 1.			l 3_0 r 0			l 1.4_0 r 0			l 3_0 r 1.		

Anfang $\vartheta_o = 11.78$ $b = 747.64$ $\vartheta_u = 11.11$
Ende $\vartheta_o = 11.81$ $b = 747.92$ $\vartheta_u = 11.11$

---

6. October 1891. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Ho}\Big|\frac{Hm}{Sp}$

I			II			III			IV			V		
480.0	500.4	481.5	494.9	478.9	494.1	491.3	503.0	492.9	470.6	499.2	473.0	493.2	502.9	494.5
531.3	505.3	529.8	522.7	503.8	521.4	546.0	507.0	543.5	525.3	503.9	524.0	548.4	507.9	546.0
500 0	484.0	499.0	469.9	498.8	471.6	491.6	505.1	492.6	478.2	499.9	479.5	494.5	505.5	495.4
531.0	505.1	529.3	525.6	505.0	524.0	544.5	506.9	542.1	524.8	504.5	523.4	549.9	507.3	547.1
485.9	500.5	486.8	476.4	499.0	478.0	496.3	501.0	496.6	476.0	499.1	477.4	505.9	500.0	505.4
l 1.4.+3_ r 0.8.+1..			l 1.4. r 0.8.			l 1.4.+3_ r 0.8.+1..			l 1.4. r 0.8.			l 1.4.+3_ r 0.8.+1..		
l 1.4.+3_ r 1..			l 1.4. r 0			l 1.4.+3_ r 1..			l 1.4. r 0			l 1.4.+3_ r 1..		

Anfang $\vartheta_o = 11.65$ $b = 758.83$ $\vartheta_u = 11.31$
Ende $\vartheta_o = 11.64$ $b = 758.20$ $\vartheta_u = 11.31$

---

8. October 1891. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Hm}\Big|\frac{Ho}{Sd}$

I			II			III			IV			V		
477.0	499.0	478.3	472.0	499.0	473.8	480.0	500.1	482.0	471.3	499.5	474.1	480.3	501.1	482.8
524.9	503.4	523.8	523.6	502.3	522.3	534.0	504.9	532.7	524.2	504.0	523.0	533.2	505.1	531.7
477.7	499.3	479.0	473.4	499.7	475.0	535.0	505.0	533.2	477.1	499.0	478.3	487.5	500.1	488.2
524.1	504.0	523.0	522.3	504.0	521.2	486.0	499.2	487.0	521.2	504.0	520.2	537.0	504.9	535.0
484.0	499.8	485.1	473.3	498.7	475.0	535.0	505.4	533.0	477.0	499.3	478.4	488.3	499.6	489.0
482.0	500.0	483.4				486.3	500.0	487.4	524.3	504.0	523.0			
									476.2	498.2	477.6			
l 3_ r 1..			l 1. r 0			l 3_ r 1..			l 1. r 0			l 3_ r 1..		
l $3_+0.8_0$ r 1..			l $1.+0.8_0$ r 0			l $3_+0.8_0$ r 1..			l $1.+0.8_0$ r 0			l $3_+0.8_0$ r 1..		

Anfang $\vartheta_o = 11.79$ $b = 758.38$ $\vartheta_u = 11.31$
Ende $\vartheta_o = 11.78$ $b = 757.70$ $\vartheta_u = 11.31$

10. October 1891. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Ho} \Big| \frac{Hm}{Sp}$

I			II			III			IV			V		
478.0	501.0	479.8	500.2	469.6	498.9[2]	478.5	502.3	481.0[3]	526.9	505.1	526.6	483.8	501.0	485.6
526.5	503.1	525.3	521.0	504.0	520.5	532.5	504.9	531.0	480.7	499.0	481.9	532.0	506.0	530.6
480.0	499.8	481.2[1]	475.0	499.0	476.8	486.8	502.0	487.8	527.0	504.0	525.9	488.0	500.0	488.8
526.8	504.6	525.5	527.0	504.0	525.7	532.5	504.5	531.0	484.0	500.0	485.0	534.8	504.8	533.0
476.6	500.0	478.3	473.9	499.9	475.5	488.4	500.1	489.0	529.2	503.0	527.6	491.0	500.2	491.4
									481.0	499.1	482.0			
l 1.+1.4.		*r* 0	*l* 1.4.		*r* 0.8.	*l* 1.4.+1.		*r* 0	*l* 1.4.+0.8_0		*r* 0.8.	*l* 1.+1.4.		*r* 0
l 1.+1.4.+0.8_0		*r* 0	*l* 1.4.+0.8_0		*r* 0.8.	*l* 1.4.+1.+0.8_0		*r* 0	*l* 1.4.		*r* 0.8.	*l* 1.+1.4.+0.8_0		*r* 0

Anfang $\vartheta_o = 11.75$ $b = 762.79$ $\vartheta_u = 11.31$
Ende $\vartheta_o = 11.74$ $b = 761.84$ $\vartheta_u = 11.31$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung −0.6 zu corr. [2] dgl. −0.5 zu corr. [3] dgl. −0.7 zu corr.

---

12. October 1891. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Hm} \Big| \frac{Ho}{Sd}$

I			II			III			IV			V		
487.9	500.9	488.7	475.8	500.8	478.1[1]	487.3	501.8	489.0	480.3	501.0	482.3	489.2	501.4	491.0
532.2	505.0	530.9	524.7	504.0	523.8[2]	538.0	505.4	536.1	532.4	504.2	531.0	542.0	506.4	540.0
487.4	501.0	488.0	479.5	500.0	481.0[3]	489.4	500.7	490.0	479.0	499.7	480.2[4]	502.8	494.0	502.0
534.9	505.0	533.1	524.6	504.0	523.2	539.0	505.7	537.0	527.5	503.8	526.0[4]	545.8	506.3	543.3
491.9	501.0	492.2	479.1	500.0	480.2	493.3	502.0	493.8	481.0	501.6	482.5	496.1	502.2	496.4
l 3_		*r* 1..	*l* 1.		*r* 0	*l* 3_		*r* 1..	*l* 1.		*r* 0	*l* 3_		*r* 1..
l 3_+0.8_0		*r* 1..	*l* 1.+0.8_0		*r* 0	*l* 3_+0.8_0		*r* 1..	*l* 1.+0.8_0		*r* 0	*l* 3_+0.8_0		*r* 1..

Anfang $\vartheta_o = 11.74$ $b = 751.50$ $\vartheta_u = 11.31$
Ende $\vartheta_o = 11.75$ $b = 749.97$ $\vartheta_u = 11.31$

[1] weg. Nullp. Versch. +0.4 zu corr. [2] dgl. −0.3 zu corr. [3] dgl. +0.1 zu corr. [4] dgl. +1.0 zu corr.

---

13. October 1891. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Ho} \Big| \frac{Hm}{Sp}$

I			II			III			IV			V		
486.8	500.8	487.8	474.2	503.7	477.0	483.4	505.0	486.0	479.3	501.3	481.7	491.7	501.8	493.0
533.7	504.4	532.0	532.0	504.4	530.7	543.0	505.9	541.0	536.0	505.0	534.5	539.0	505.0	537.4
487.1	500.1	487.9	488.6	500.8	489.1	496.0	500.0	496.2	488.1	499.6	488.9	490.2	499.9	490.9
535.0	504.8	533.4	533.8	504.6	532.0	544.6	505.4	542.4	531.9	504.5	530.1	539.0	504.5	537.0
490.9	500.8	491.5	488.0	501.1	488.6	501.5	499.5	501.4	490.9	500.0	491.2	493.6	501.3	494.0
						492.5	502.8	494.0						
						495.6	500.9	496.0						
l 1.+1.4.		*r* 0	*l* 1.4.		*r* 0.8.	*l* 1.+1.4.		*r* 0	*l* 1.4.		*r* 0.8.	*l* 1.+1.4.		*r* 0
l 1.+1.4.+0.8_0		*r* 0	*l* 1.4.+0.8_0		*r* 0.8.	*l* 1.+1.4.+0.8_0		*r* 0	*l* 1.4.+0.8_0		*r* 0.8.	*l* 1.+1.4.+0.8_0		*r* 0

Anfang $\vartheta_o = 11.81$ $b = 750.14$ $\vartheta_u = 11.33$
Ende $\vartheta_o = 11.82$ $b = 751.12$ $\vartheta_u = 11.33$

16. October 1891. Anfangsstellung $\frac{Sd \mid Ho}{Hm \mid Sp}$

I[1]			II[2]			III			IV			V		
486.5	500.7	487.3	535.7	505.1	534.3	455.5	500.0	458.3	494.4	500.3	495.5	501.9	500.0	502.0
539.4	505.0	537.8	491.9	501.0	492.2	507.9	502.4	507.5	458.0	490.9	460.0	458.1	496.9	460.3
489.7	501.0	490.2	539.9	504.8	538.0	461.2	495.0	463.2	501.2	499.4	501.1	505.0	500.4	504.8
540.6	505.7	538.8	491.1	501.0	491.9	504.9	500.0	504.5	491.2	454.3	489.0	455.7	496.9	458.1
493.0	500.5	493.4	549.0	506.5	546.2	460.5	495.0	463.1	476.4	513.2	479.7	509.0	495.3	508.0
			495.7	501.8	496.0				495.6	501.0	496.0			
l 1. *r* 0			*l* 3_+0.8_0 *r* 1..			*l* 1. *r* 0.8.			*l* 3_ *r* 1..			*l* 1. *r* 0		
l 1.+0.8_0 *r* 0			*l* 3_ *r* 1..			*l* 1. *r* 0.			*l* 3_ *r* 1..+0.8.			*l* 1. *r* 0.8.		

Anfang $\vartheta_o = 11.81$ $b = 761.36$ $\vartheta_u = 11.35$
Ende $\vartheta_o = 11.82$ $b = 758.98$ $\vartheta_u = 11.36$

[1] umzurechnen auf *l* 1. *r* $\frac{1}{2}$0.8.
[2] " " *l* 3_ *r* $\frac{1}{2}$0.8.+1..

17. October 1891. Anfangsstellung $\frac{Sp \mid Hm}{Ho \mid Sd}$

I			II			III			IV			V		
504.4	501.9	504.5	509.0	500.2	508.6	462.3	496.7	464.6	504.7	502.0	505.0	464.3	497.0	466.5
460.0	497.9	462.0	497.5	461.0	495.4	508.9	502.0	509.0	464.0	497.0	465.9	510.6	499.8	510.0
503.7	500.2	503.5	509.0	502.0	508.7	466.1	497.8	468.0	513.0	502.0	512.3	464.6	496.0	466.0
459.1	497.0	461.0	462.5	497.1	464.3	508.4	501.9	507.7	513.5	502.5	513.0	510.6	502.0	510.1
508.0	501.3	507.8	506.5	501.1	506.0	468.0	497.0	469.8	467.9	496.5	469.4	464.5	497.7	466.2
									511.1	501.8	510.7			
l 3_+1.4. *r* 1..			*l* 0.8_0 *r* 1..			*l* 1.4.+3_ *r* 0.8.+1..			*l* 0.8_0 *r* 1..			*l* 3_+1.4. *r* 0.8.+1..		
l 3_+1.4. *r* 1..+0.8.			*l* 0.8_0 *r* 1..+0.8.			*l* 1.4.+3_ *r* 1..			*l* 0.8_0 *r* 1..+0.8.			*l* 3_+1.4. *r* 1..		

Anfang $\vartheta_o = 11.82$ $b = 756.24$ $\vartheta_u = 11.39$
Ende $\vartheta_o = 11.82$ $b = 756.84$ $\vartheta_u = 11.38$

20. October 1891. Anfangsstellung $\frac{Sd \mid Ho}{Hm \mid Sp}$

I			II			III			IV			V		
510.0	495.9	509.5	457.0	496.0	459.2	518.0	504.0	517.8	469.1	496.8	471.0	515.0	504.3	515.0
463.4	497.0	465.2	503.6	501.0	503.7	476.4	499.0	477.6	512.5	502.5	512.1	472.9	497.1	474.0
507.0	501.2	507.0	460.5	496.0	462.3	518.8	504.0	518.0	469.5	498.1	471.0	516.5	502.7	515.9
465.4	494.8	467.0	505.1	501.2	505.0	475.0	499.0	476.1	515.2	502.7	514.8	471.5	499.7	473.0
508.1	502.0	508.0	466.0	496.0	467.7	518.3	503.2	517.7	498.5	471.5	497.0	519.0	503.0	518.0
l 1. *r* 0			*l* 3_ *r* 0.8.+1..			*l* 1. *r* 0			*l* 3_ *r* 0.8.+1..			*l* 1. *r* 0		
l 1. *r* 0.8.			*l* 3_ *r* 1..			*l* 1. *r* 0.8.			*l* 3_ *r* 1..			*l* 1. *r* 0.8.		

Anfang $\vartheta_o = 11.67$ $b = 752.19$ $\vartheta_u = 11.30$
Ende $\vartheta_o = 11.65$ $b = 752.32$ $\vartheta_u = 11.31$

22. October 1891. Anfangsstellung $\frac{Sp \mid Hm}{Ho \mid Sd}$

I[1]			II			III			IV			V		
518.9	503.0	518.0	514.0	502.3	513.9	498.0	471.6	497.0	515.3	502.5	515.0	521.3	504.2	521.0
471.9	499.8	473.1	471.0	498.9	472.5	519.0	503.0	518.3	468.1	498.4	470.0	479.8	499.2	481.0
521.8	503.6	520.9	516.8	502.5	516.0	499.0	478.0	498.0	518.1	502.6	517.5	525.0	503.2	523.9
473.0	499.8	474.3	498.0	471.0	496.8	523.0	503.2	522.0	467.7	498.4	469.1	479.0	499.5	480.8
524.0	503.6	523.0	515.0	502.1	514.3	473.9	498.8	475.1	502.5	514.9	503.4	524.2	503.4	523.1
l 1.3.+4_ *r* 1..			*l* 0.8_0 *r* 1..			*l* 1.4.+3_ *r* 0.8_0+1..			*l* 0.8_0 *r* 1..			*l* 1.4.+3_ *r* 1..		
l 1.4.+3_ *r* 1..+0.8.			*l* 0 *r* 1..			*l* 1.4.+3_ *r* 1..			*l* 0 *r* 1..			*l* 1.4.+3_ *r* 1..+0.8.		

Anfang $\vartheta_o = 11.69$ $b = 750.48$ $\vartheta_u = 11.31$
Ende $\vartheta_o = 11.70$ $b = 750.73$ $\vartheta_u = 11.31$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung —0.3 zu corrigiren.

---

23. October 1891. Anfangsstellung $\frac{Sd \mid Ho}{Hm \mid Sp}$

I			II			III			IV			V		
501.8	511.0	502.2	508.0	502.0	508.5	499.3	466.2	498.0	511.0	502.6	511.1	499.0	467.0	497.7
464.9	498.8	466.4	513.1	502.5	512.8	517.0	502.0	516.1	465.5	498.5	467.4	516.0	499.3	515.4
509.5	502.0	509.1	469.2	498.2	471.0	499.0	472.0	497.3	514.9	502.9	514.2	498.7	473.2	497.1
461.3	498.5	463.1	517.5	502.6	516.9	517.2	502.8	516.6	512.9	502.0	512.3	503.0	516.4	503.8
514.1	502.2	513.8	514.7	502.3	514.0	470.1	498.5	471.7	473.0	498.9	474.2	473.0	499.0	474.1
									518.2	502.9	517.5			
l 1. *r* 0			*l* 3_ *r* 1..			*l* 1. *r* 0.8.			*l* 3_ *r* 1..			*l* 1. *r* 0.8.		
l 1. *r* 0.8.			*l* 3_ *r* 1..+0.8.			*l* 1. *r* 0			*l* 3_ *r* 1..+0.8.			*l* 1. *r* 0		

Anfang $\vartheta_o = 11.72$ $b = 752.64$ $\vartheta_u = 11.31$
Ende $\vartheta_o = 11.72$ $b = 751.51$ $\vartheta_u = 11.31$

---

16. November 1891. Anfangsstellung $\frac{Sd \mid Hm}{Ho \mid Sp}$

I			II			III			IV			V		
527.2	505.9	527.2	528.4	502.3	528.0	456.0	500.1	460.7	459.0	500.0	462.8	528.7	506.0	528.7
469.1	500.3	471.7	467.5	499.2	470.2	467.9	499.9	470.9	525.7	504.9	525.2	471.3	500.2	473.9
531.0	505.0	530.2	529.9	504.8	529.0	522.7	500.3	522.1	467.0	500.8	469.8	528.0	504.9	527.2
463.2	499.5	466.2	467.0	502.5	470.0	460.8	499.1	463.6	529.2	504.2	528.3	474.0	501.2	476.0
						530.8	503.2	529.8						
l 1.+0.8_0 *r* 0			*l* 0 *r* 0			*l* 1.+0.8_0 *r* 1..			*l* 0 *r* 1..			*l* 1.+0.8_0 *r* 0		
l 1.+0.8_0 *r* 1..			*l* 0 *r* 1..			*l* 1.+0.8_0 *r* 0			*l* 0 *r* 0			*l* 1.+0.8_0 *r* 1..		

Anfang $\vartheta_o = 9.83$ $b = 749.64$ $\vartheta_u = 9.94$
Ende $\vartheta_o = 9.87$ $b = 750.02$ $\vartheta_u = 9.96$

17. November 1891. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Hm} \Big| \frac{Ho}{Sd}$

I	II	III	IV	V
507.2 496.0 506.9	504.7 502.0 504.9	508.1 500.5 508.0	510.5 503.0 511.0	504.0 500.8 504.6
461.5 488.0 463.0	472.0 489.3 473.0	464.0 491.6 465.7	495.5 469.0 494.0	471.7 485.0 472.4
505.0 500.8 505.1	510.8 502.8 510.5	508.3 498.7 508.0	511.0 503.0 511.0	512.0 498.5 511.9
467.0 488.6 468.0	467.0 494.5 468.5	466.5 489.1 467.9	475.0 491.0 475.9	466.3 491.8 468.0
504.9 501.6 504.8	511.0 502.9 511.0	504.0 502.8 504.0	513.9 503.0 513.4	505.8 502.9 505.9
l 1. *r* 0	*l* 1.4. *r* 1..	*l* 1. *r* 0	*l* 1.4. *r* 1..	*l* 1. *r* 0
l 1. *r* 0.8.	*l* 1.4. *r* 1..+0.8.	*l* 1. *r* 0.8.	*l* 1.4. *r* 1..+0.8.	*l* 1. *r* 0.8.

Anfang $\vartheta_o = 9.91$ $b = 753.63$ $\vartheta_u = 10.01$
Ende $\vartheta_o = 9.95$ $b = 753.85$ $\vartheta_u = 10.01$

19. November 1891. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Ho} \Big| \frac{Hm}{Sp}$

I	II	III	IV	V
		453.8 500.8 458.2	528.7 500.7 528.3	525.5 489.9 524.8
		523.9 499.4 523.7	467.7 500.8 470.3	450.4 502.1 454.6
		459.0 501.2 462.3	536.0 500.1 534.8	522.0 496.3 521.1
		522.8 499.1 522.2	468.0 500.9 470.6	452.2 500.8 455.8
		l 0.8_0 *r* 0	*l* 1. *r* 0.8.	*l* 1.+0.8_0 *r* 0
		l 1.+0.8_0 *r* 0	*l* 0 *r* 0.8.	*l* 0.8_0 *r* 0

Anfang $\vartheta_o = 9.96$ $b = 761.94$ $\vartheta_u = 9.98$
Ende $\vartheta_o = 9.94$ $b = 761.34$ $\vartheta_u = 10.00$

Siehe auch die Verticalvertauschungen vom gleichen Tage.

8. Februar 1892. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Hm} \Big| \frac{Ho}{Sd}$

I[1]	II	III[2]	IV	V
506.9 481.5 507.4	541.2 501.9 541.0	506.0 490.2 506.9	544.9 505.6 544.3	491.0 504.1 492.0
528.1 505.2 528.2	535.2 504.9 535.2	504.8 492.2 505.4	545.7 504.0 545.2	530.0 504.9 529.9
506.2 485.0 506.8	535.9 504.2 535.9	535.5 498.1 535.2	547.7 499.7 547.1	504.2 489.1 505.0
533.9 502.3 533.8	551.8 502.5 550.9	487.3 504.3 488.7	546.0 503.1 545.8	530.4 504.6 530.7
514.3 479.5 514.1	551.9 498.5 551.2	531.1 501.1 531.0	539.8 502.9 539.4	506.0 486.1 506.5
535.0 505.0 534.9	549.2 506.3 548.8	505.3 484.1 505.9	536.3 505.0 536.3	531.3 501.3 531.0
	551.0 502.9 550.5	541.0 493.8 540.6	537.7 505.3 537.7	
		507.3 487.5 507.9		
l 1.4. *r* 9.+$3_=$	*l* 0 *r* 9.+0.8.	*l* 1.4. *r* 9.+$3_=$	*l* 0 *r* 9.+0.8.	*l* 1.4. *r* 9.+$3_=$
l 1.4.+0.8_0 *r* 9.+$3_=$		*l* 1.4.+0.8_0 *r* 9.+$3_=$		*l* 1.4.+0.8_0 *r* 9.+$3_=$

Anfang $\vartheta_o = 7.46$ $b = 747.71$ $\vartheta_u = 7.73$
Ende $\vartheta_o = 7.47$ $b = 750.16$ $\vartheta_u = 7.74$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung −0.7 zu corrigiren. [2] dgl. −0.2 zu corr.

12. Februar 1892. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Ho} \Big| \frac{Hm}{Sp}$

I	II	III	IV	V
511.5 501.4 511.9	505.9 501.5 506.3	513.0 501.8 513.3	505.9 502.0 506.1	512.6 502.8 512.8
519.0 495.5 519.0	468.2 500.9 469.0	512.9 502.0 513.0	506.9 502.0 507.2	511.0 502.6 511.0
512.8 502.9 513.0	507.8 500.3 507.6	510.3 502.2 510.8	513.5 496.2 513.4	509.7 502.2 509.9
512.0 500.0 512.0	507.5 498.9 507.9	511.1 502.8 511.2	498.2 507.4 499.0	510.1 503.0 510.2
512.0 503.0 512.4	504.1 501.4 504.9	473.6 502.1 474.1	507.2 502.2 507.5	472.0 503.0 472.6
	508.6 501.5 508.9	499.0 514.5 499.8	507.0 501.2 507.2	516.0 497.3 515.9
	503.1 502.0 503.7	511.7 501.0 511.9		509.8 501.4 509.9
	503.8 501.1 504.0			
	504.0 499.0 504.3			
l 0.8$_\circ$ r 1.4..+9.	l o r 3=+9. l o r 3=+9.+0.8.	l 0.8$_\circ$ r 1.4..+9. l o r 1.4..+9.	l o r 3=+9.	l 0.8$_\smile$ r 1.4..+9. l o r 1.4..+9.

Anfang $\vartheta_o = 7.50$ $b = 758.51$ $\vartheta_u = 7.72$
Ende $\vartheta_o = 7.48$ $b = 756.05$ $\vartheta_u = 7.72$

I III V auf l 0.8 r 9+1.4; II IV auf l o r 9+3 zu berechnen.

---

2. März 1892. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Hm} \Big| \frac{Ho}{Sd}$

I	II	III[1]	IV[1]	V[2]
474.0 498.8 475.2	511.0 499.4 511.4	517.5 494.0 517.3	462.0 497.8 463.3	463.0 497.3 464.2
518.6 496.9 518.7	471.5 498.7 472.5	468.3 498.3 469.8	505.8 498.3 506.0	503.4 498.2 504.0
474.3 497.5 475.3	513.0 496.7 513.0	508.2 498.6 508.6	468.4 497.3 469.7	463.3 496.8 464.8
513.8 499.1 513.8	470.9 497.8 471.9	508.7 498.0 509.1	511.9 493.1 511.9	508.3 497.5 508.6
471.8 498.8 473.0	513.5 496.0 513.7	471.0 497.8 472.1	468.0 498.2 469.1	470.5 497.3 471.5
512.2 498.8 512.2	470.8 497.8 472.2	516.0 495.9 516.0	511.6 497.1 511.7	504.7 495.3 505.2
l 9$_\circ$ r 0.8. l 9$_\circ$ r 0	l 9$_\circ$+0.8$_\circ$ r 1$_\smile$ l 9$_\circ$ r 1$_\smile$	l 9$_\circ$ r 0 l 9$_\circ$ r 0.8.	l 9$_\circ$ r 1$_\smile$ l 9$_\circ$+0.8$_\circ$ r 1$_\smile$	l 9$_\circ$ r 0.8. l 9$_\circ$ r 0

Anfang $\vartheta_o = 7.30$ $b = 763.10$ $\vartheta_u = 7.46$
Ende $\vartheta_o = 7.28$ $b = 763.98$ $\vartheta_u = 7.47$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung +0.3 zu corrigiren. [2] dgl. +0.4 zu corr.

---

4. März 1892. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Ho} \Big| \frac{Hm}{Sp}$

I	II	III	IV	V
461.0 499.0 462.5	460.1 496.7 461.8	459.6 496.5 461.1	456.6 496.5 458.4	456.3 498.1 458.4
509.0 497.0 509.0	502.0 500.2 502.1	493.9 501.5 494.9	505.6 491.2 505.9	499.0 497.4 499.2
463.3 499.0 465.0	463.0 496.8 464.8	456.8 497.0 458.4	458.0 496.3 459.7	456.0 497.0 457.5
507.0 496.6 507.5	506.9 498.0 507.0	494.0 499.9 494.9	500.2 493.7 501.0	505.5 493.1 506.0
463.9 497.0 465.1	462.7 497.2 464.1	453.6 496.0 455.0	458.0 496.2 459.5	457.9 496.8 459.6
506.8 498.1 506.8				
464.0 497.0 465.2				
l 1.4.+9$_\circ$ r 1$_\smile$ l 1.4.+9$_\circ$+0.8$_\circ$ r 1$_\smile$	l 1.+9$_\circ$ r 3= l 1.+9$_\circ$+0.8$_\circ$ r 3=	l 1.4.+9$_\circ$ r 1$_\smile$ l 1.4.+9$_\circ$+0.8$_\circ$ r 1$_\smile$	l 1.+9$_\circ$ r 3= l 1.+9$_\circ$+0.8$_\circ$ r 3=	l 1.4.+9$_\circ$ r 1$_\smile$ l 1.4.+9$_\circ$+0.8$_\circ$ r 1$_\smile$

Anfang $\vartheta_o = 7.06$ $b = 765.94$ $\vartheta_u = 7.40$
Ende $\vartheta_o = 7.02$ $b = 765.19$ $\vartheta_u = 7.40$

5. März 1892. Anfangsstellung $\frac{Sp \mid Ho}{Hm \mid Sd}$

I			II			III			IV			V		
475.0	498.1	476.3	476.0	498.0	477.8	515.3	493.1	515.0	514.0	500.0	514.2	465.0	498.6	466.5
512.6	499.1	513.0	520.3	499.9	520.3	471.2	498.0	472.6	477.2	498.0	478.2	507.8	499.4	508.0
475.5	498.8	476.5	475.2	497.8	476.3	509.0	498.4	509.7	518.5	499.3	518.9	467.9	497.6	469.0
515.0	499.8	514.8	525.0	493.1	524.8	466.0	497.8	468.0	470.4	498.3	472.0	510.5	497.5	510.8
472.6	498.3	473.3	478.9	498.2	479.9	509.7	499.0	510.0	515.3	499.7	515.7	467.2	498.0	468.3
514.0	499.2	513.9	517.9	494.4	518.0	470.3	497.8	471.8	471.9	499.0	472.9	503.0	499.0	504.8
$l\ 9_0+1.$		r 1.4..	$l\ 9_0+1.$		r 1.4..	$l\ 9_0+1.+0.8_0$		r 1.4..	$l\ 9_0+1.+0.8_0$		r 1.4..	$l\ 9_0+1.$		r 1.4..
$l\ 9_0+1.+0.8_0$		r 1.4..	$l\ 9_0+1.+0.8_0$		r 1.4..	$l\ 9_0+1.$		r 1.4..	$l\ 9_0+1.$		r 1.4..	$l\ 9_0+1.+0.8_0$		r 1.4..

Anfang $\vartheta_o = 6.94$ $b = 764.70$ $\vartheta_u = 7.31$
Ende $\vartheta_o = 6.92$ $b = 764.48$ $\vartheta_u = 7.31$

---

7. März 1892. Anfangsstellung $\frac{Hm \mid Sd}{Sp \mid Ho}$

I			II			III			IV			V		
464.0	497.0	465.5	503.3	496.0	504.1	504.4	499.0	504.9	495.2	499.4	495.9	502.0	498.1	502.4
507.7	498.8	508.2	456.5	496.7	458.0	467.3	497.0	468.8	449.5	498.5	451.7	460.5	499.0	462.0
459.0	497.4	460.4	502.0	497.0	502.9	506.0	498.4	506.4	484.0	504.3	485.2	504.6	497.8	504.9
506.8	499.0	507.0	459.4	497.4	460.9	459.2	497.0	461.0	453.3	497.0	455.3	458.6	497.2	460.2
465.0	497.0	466.7	493.0	501.9	494.0	504.0	498.4	504.4	494.4	497.8	495.0	501.1	498.9	501.7
509.7	497.7	510.0	453.8	496.8	455.0									
468.0	497.1	469.0												
507.8	498.2	508.1												
$l\ 1.4.+9_0$		r 3=	$l\ 1.4.+9_0+0.8_0$		r 0.8.	$l\ 0.8_0+1.4.+9_0$		r 3=	$l\ 0.8_0+1.4.+9_0$		r 3=	$l\ 0.8_0+1.4.+9_0$		r 3=
$l\ 1.4.+9_0+0.8_0$		r 3=	$l\ 1.4.+9_0$		r 0.8.	$l\ 1.4.+9_0$		r 3=	$l\ 1.4.+9_0$		r 3=	$l\ 1.4.+9_0$		r 3=

Anfang $\vartheta_o = 6.68$ $b = 759.65$ $\vartheta_u = 7.14$
Ende $\vartheta_o = 6.64$ $b = 758.85$ $\vartheta_u = 7.14$

---

8. März 1892. Anfangsstellung $\frac{Ho \mid Sp}{Sd \mid Hm}$

I			II			III			IV			V		
519.1	498.8	519.3	521.4	499.0	521.2	523.5	499.8	523.0	519.9	498.7	520.0	523.9	498.8	523.7
484.0	497.4	484.4	482.1	498.8	483.1	482.2	499.2	483.1	479.3	497.7	480.5	485.0	498.1	485.5
518.0	498.8	518.0	520.5	497.9	520.5	524.7	498.2	524.0	521.0	497.0	520.8	524.3	497.6	524.1
478.8	498.3	479.6	479.1	498.0	480.0	479.8	497.7	480.8	478.0	497.1	479.1			
524.5	499.2	524.2	519.4	498.4	519.1	519.6	498.3	519.8	520.0	496.2	520.4			
483.1	498.4	484.5												
520.9	499.0	520.8												
477.6	497.6	478.8												
522.2	498.7	522.5												
481.0	500.2	482.2												
$l\ 0.8_0+9_0$		r 0	$l\ 0.8_0+9_0$		r 0	$l\ 0.8_0+9_0$		r 0	$l\ 0.8_0+9_0$		r 0	$l\ 0.8_0+9_0$		r 0
$l\ 9_0$		r 0	$l\ 9_0$		r 0	$l\ 9_0$		r 0	$l\ 9_0$		r 0	$l\ 9_0$		r 0

Anfang $\vartheta_o = 6.63$ $b = 756.62$ $\vartheta_u = 7.11$
Ende $\vartheta_o = 6.60$ $b = 756.25$ $\vartheta_u = 7.11$

12. März 1892. Anfangsstellung $\frac{Ho \mid Sp}{Sm \mid Hm}$

I	II	III	IV	V
518.7 494.9 518.5	518.5 497.5 518.4	466.1 497.1 467.5	473.8 503.1 475.2	514.0 496.2 514.0
473.0 498.2 474.3	473.2 498.9 474.4	510.4 491.9 510.2	515.9 498.0 515.9	463.0 498.6 464.9
513.5 495.3 513.5	517.0 497.7 516.8	459.2 497.8 461.2	474.0 499.1 475.7	509.7 489.1 509.8
460.4 497.3 462.0	473.7 501.8 475.1	502.8 497.8 503.1	517.0 497.7 516.7	467.3 496.8 468.3
512.8 491.9 512.5	521.8 497.2 521.7	462.0 497.2 463.3	467.4 503.0 469.1	508.2 493.5 508.4
462.8 500.1 464.8	476.3 499.9 477.9	506.9 495.0 506.8	519.7 495.9 518.8	464.7 496.7 466.1
l 9$_c$+1.4.+0.8$_0$ r 1$_\cup$	l 9$_0$+1. r 1.4..	l 9$_0$+1.4. r 1$_\cup$	l 9$_0$+1. r 0.8.+1.4..	l 9$_0$+1.4.+0.8$_0$ r 1$_\cup$
l 9$_0$+1.4. r 1$_\cup$	l 9$_0$+1. r 1.4..+0.8.	l 9$_0$+1.4.+0.8$_0$ r 1$_\cup$	l 9$_0$+1. r 1.4..	l 9$_0$+1.4. r 1$_\cup$

Anfang $\vartheta_o = 6.91$ $b = 742.88$ $\vartheta_u = 7.13$
Ende $\vartheta_o = 6.92$ $b = 744.83$ $\vartheta_u = 7.16$

---

14. März 1892. Anfangsstellung $\frac{Hm \mid Sm}{Sp \mid Ho}$

I	II	III	IV	V
484.4 498.2 485.2	490.9 498.1 491.3	475.8 501.0 477.0	494.9 498.0 495.3	484.2 497.5 485.0
525.1 499.1 525.0	528.7 498.8 528.0	521.9 499.0 521.7	533.4 499.5 532.5	523.5 499.1 523.1
485.9 498.0 487.0	488.9 500.3 489.5	477.4 500.5 478.9	489.9 500.6 490.5	482.0 497.5 483.0
526.0 499.4 526.0	531.7 500.0 530.9	523.9 499.0 523.4	533.7 499.5 533.1	523.7 498.5 523.1
485.1 498.5 486.0	486.0 499.0 487.0	488.0 497.8 488.6	491.0 499.0 491.6	480.8 498.0 481.6
		484.4 497.0 485.0		
l 9$_0$ r 1$_\cup$+1.4..	l 3$_-$+9$_0$ r 0.8.	l 9$_0$ r 1$_\cup$+1.4..	l 3$_-$+9$_0$ r 0.8.	l 9$_0$ r 1$_\cup$+1.4..
l 9$_0$+0.8$_0$ r 1$_\cup$+1.4..	l 3$_-$+9$_0$+0.8$_0$ r 0.8.	l 9$_0$+0.8$_0$ r 1$_\cup$+1.4..	l 3$_-$+9$_0$+0.8$_0$ r 0.8.	l 9$_0$+0.8$_0$ r 1$_\cup$+1.4..

Anfang $\vartheta_o = 6.80$ $b = 747.55$ $\vartheta_u = 7.04$
Ende $\vartheta_o = 6.80$ $b = 746.09$ $\vartheta_u = 7.13$

---

15. März 1892. Anfangsstellung $\frac{Ho \mid Sp}{Sm \mid Hm}$

I	II[1]	III[1]	IV[1]	V[2]
523.7 493.4 523.3	477.0 496.7 478.0	473.0 497.0 474.2	521.7 499.0 521.4	516.3 496.8 516.4
474.7 501.3 476.0	520.8 496.8 520.3	514.1 496.9 514.1	478.0 498.0 479.2	473.0 498.5 474.2
523.0 495.1 522.7	473.9 498.0 475.0	471.6 497.9 473.0	515.8 496.6 515.4	513.1 497.1 513.1
481.2 498.8 482.5	519.5 496.2 519.4	512.9 496.9 512.8	475.4 501.4 476.8	468.9 500.0 470.3
520.7 496.3 520.5	476.4 499.2 477.9	473.0 498.9 474.5	522.2 498.1 522.0	514.8 497.2 514.3
472.6 501.7 474.0	522.9 498.8 522.7	513.5 497.9 513.7	472.0 499.5 473.5	472.4 499.3 474.0
l 9$_0$+1.4.+1. r 1$_\cup$	l 9$_0$+1. r 0.8.+1.4..	l 9$_0$+1.4.+1.	l 9$_0$+1. r 1.4..	l 9$_0$+1.4.+1. r 1$_\cup$
l 9$_0$+1.4.+1.	l 9$_0$+1. r 1.4..	r 1$_\cup$+0.8.	l 9$_0$+1. r 1.4..+0.8.	l 9$_0$+1.4.+1.
r 1$_\cup$+0.8.		l 9$_0$+1.4.+1. r 1$_\cup$		r 1$_\cup$+0.8.

Anfang $\vartheta_o = 6.94$ $b = 756.15$ $\vartheta_u = 7.15$
Ende $\vartheta_o = 6.99$ $b = 757.08$ $\vartheta_u = 7.20$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung +0.30 zu corrigiren. [2] dgl. +0.45 zu corr.

16. März 1892. Anfangsstellung $\frac{Sm}{Ho}\Big|\frac{Hm}{Sp}$

I			II			III			IV			V		
480.0	497.0	480.8	489.1	496.5	489.9	482.2	497.2	483.7	483.2	497.4	484.0	485.1	497.0	485.9
523.0	494.3	522.5	524.4	498.9	524.2	524.0	498.0	523.7	521.6	498.8	521.4	523.5	499.0	523.0
481.0	497.0	481.8	484.9	497.0	485.5	486.5	497.5	487.1	484.3	501.0	485.3	484.0	499.1	485.0
523.0	498.9	522.6	527.9	498.0	527.3	521.0	499.0	521.0	526.0	498.5	525.5	529.1	498.0	528.7
481.4	497.6	482.0	485.0	497.0	485.9	479.0	497.5	479.9	483.5	501.7	484.5	526.4	498.4	525.6
			523.0	498.5	522.6	526.0	498.0	525.6	525.5	497.0	525.1	490.2	497.8	490.9
												485.0	497.1	485.9
$l\ 3_{-}+9_{\circ}$		$r\ 1_{\cup}$	$l\ 9_{\circ}$		$r\ 1_{\cup}+1.4..$	$l\ 3_{-}+9_{\circ}$		$r\ 1_{\cup}$	$l\ 9_{\circ}$		$r\ 1_{\cup}+1.4..$	$l\ 3_{-}+9_{\circ}$		$r\ 1_{\cup}$
$l\ 3_{-}+9_{\circ}+0.8_{\circ}$		$r\ 1_{\cup}$	$l\ 9_{\circ}+0.8_{\circ}$		$r\ 1_{\cup}+1.4..$	$l\ 3_{-}+9_{\circ}+0.8_{\circ}$		$r\ 1_{\cup}$	$l\ 9_{\circ}+0.8_{\circ}$		$r\ 1_{\cup}+1.4..$	$l\ 3_{-}+9_{\circ}+0.8_{\circ}$		$r\ 1_{\cup}$

Anfang $\vartheta_o = 6.95$ $b = 757.39$ $\vartheta_u = 7.13$
Ende $\vartheta_o = 6.93$ $b = 757.84$ $\vartheta_u = 7.18$

---

26. März 1892. Anfangsstellung $\frac{Sm}{Ho}\Big|\frac{Hm}{Sp}$

I			II			III			IV			V		
489.2	498.2	490.1	484.0	498.6	485.0	534.9	500.0	534.0	489.3	497.8	490.1	491.1	499.8	492.0
535.2	500.0	534.4	527.5	498.9	527.0	485.9	501.2	487.0	531.0	499.7	530.7	534.0	500.0	533.5
486.1	502.4	487.5	486.4	497.4	486.8	529.5	499.0	529.0	485.5	502.4	486.5	490.7	499.8	491.8
531.0	499.7	530.6	535.5	490.9	535.0	484.1	505.0	485.5	532.9	498.9	532.0	534.0	499.8	533.0
488.1	501.5	489.0	489.0	497.5	489.6	531.0	499.7	530.2	487.0	505.8	487.6	493.0	497.9	493.5
532.8	499.8	532.0							535.3	500.0	534.4			
487.9	499.0	488.7							491.8	501.0	492.6			
$l\ 9_{\circ}+3_{-}$		r 0	$l\ 9_{\circ}+1.4.$		$r\ 3_{=}$	$l\ 3_{-}+9_{\circ}+0.8_{\circ}$		r 0	$l\ 1.4.+9_{\circ}$		$r\ 3_{=}$	$l\ 3_{-}+9_{\circ}$		r 0
$l\ 9_{\circ}+3_{-}+0.8_{\circ}$		r 0	$l\ 9_{\circ}+1.4.+0.8_{\circ}$		$r\ 3_{=}$	$l\ 3_{-}+9_{\circ}$		r 0	$l\ 1.4.+9_{\circ}+0.8_{\circ}$		$r\ 3_{=}$	$l\ 3_{-}+9_{\circ}+0.8_{\circ}$		r 0

Anfang $\vartheta_o = 7.07$ $b = 753.81$ $\vartheta_u = 7.29$
Ende $\vartheta_o = 7.06$ $b = 752.53$ $\vartheta_u = 7.29$

---

28. März 1892. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Hm}\Big|\frac{Ho}{Sm}$

I			II			III[1]			IV[2]			V[2]		
518.0	499.0	518.0	473.9	502.1	475.2	474.0	503.7	475.9	526.9	492.8	526.5	525.8	499.0	525.2
473.0	503.3	474.8	520.0	498.6	520.0	521.0	496.2	520.9	474.0	501.1	475.2	482.7	499.8	483.7
522.8	499.3	522.7	486.0	498.0	486.7	473.0	505.0	474.8	524.0	496.9	523.5	527.9	499.6	527.7
479.0	501.1	480.1	515.0	499.2	515.0	525.7	496.4	525.1	475.3	499.5	476.7	479.2	502.7	480.6
526.2	495.9	525.8	474.7	500.8	476.0	482.0	499.1	483.0	521.0	495.8	520.8	525.5	497.7	525.1
482.0	498.0	483.0	518.0	498.3	517.8	524.3	496.0	523.9	479.2	504.2	480.7	484.9	502.0	485.9
$l\ 9_{\circ}+1.4.$		$r\ 1_{\cup}$	$l\ 9_{\circ}+1.4.+1.$		r 0.8.	$l\ 9_{\circ}+1.4.$		$r\ 1_{\cup}+0.8.$	$l\ 9_{\circ}+1.4.+1.$		r 0	$l\ 9_{\circ}+1.4.$		$r\ 1_{\cup}$
$l\ 9_{\circ}+1.4.$		$r\ 1_{\cup}+0.8.$	$l\ 9_{\circ}+1.4.+1.$		r 0	$l\ 9_{\circ}+1.4.$		$r\ 1_{\cup}$	$l\ 9_{\circ}+1.4.+1.$		r 0.8.	$l\ 9_{\circ}+1.4.$		$r\ 1_{\cup}+0.8.$

Anfang $\vartheta_o = 7.10$ $b = 750.06$ $\vartheta_u = 7.33$
Ende $\vartheta_o = 7.11$ $b = 748.51$ $\vartheta_u = 7.33$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung +0.05 zu corrigiren. [2] dgl. +0.1 zu corr.

29. März 1892. Anfangsstellung $\frac{Sm}{Ho} \Big| \frac{Hm}{Sp}$

I	II	III	IV	V
486.5 498.8 487.0	522.0 501.0 522.0	489.0 499.8 490.0	484.0 498.5 485.0	489.0 498.0 489.6
523.1 500.1 523.1	485.0 499.0 485.6	525.9 500.7 525.7	525.6 501.0 525.2	524.0 500.0 523.7
481.7 500.9 482.7	523.6 500.0 523.2	484.0 499.8 484.6	485.1 498.0 486.0	483.8 500.1 484.4
524.0 500.0 523.8	480.8 503.9 481.9	524.1 500.6 524.0	530.0 500.9 529.8	524.1 500.4 524.0
490.0 498.5 490.7	528.0 501.0 527.6	484.0 499.4 484.6	525.6 499.1 525.1	485.0 497.8 485.8
486.6 500.4 487.5	531.7 500.1 531.0	523.7 500.8 523.4	482.0 498.4 483.0	
	486.8 498.1 487.2			
	522.0 501.0 522.0			
l 3_+9∘ *r* 0	*l* 1.4.+9∘+0.8∘ *r* 3=	*l* 3_+9∘ *r* 0	*l* 1.4.+9∘ *r* 3=	*l* 3_+9∘ *r* 0
l 3_+9∘+0.8∘ *r* 0	*l* 1.4.+9∘ *r* 3=	*l* 3_+9∘+0.8∘ *r* 0	*l* 1.4.+9∘+0.8∘ *r* 3=	*l* 3_+9∘+0.8∘ *r* 0

Anfang $\vartheta_o = 7.18$ $b = 757.92$ $\vartheta_u = 7.37$
Ende $\vartheta_o = 7.20$ $b = 760.22$ $\vartheta_u = 7.39$

---

30. März 1892. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Hm} \Big| \frac{Ho}{Sm}$

I	II[1]	III[1]	IV[2]	V[3]
526.0 498.1 525.8	484.9 500.3 486.0	472.6 508.9 474.7	523.1 496.0 522.8	519.0 501.0 518.8
474.9 505.3 476.7	522.7 495.9 522.3	521.8 499.7 521.7	478.9 502.7 480.2	481.5 500.8 482.7
525.7 497.6 525.3	486.7 500.7 487.9	472.2 507.3 474.0	511.8 500.0 512.0	519.2 497.7 519.1
484.1 500.2 485.1	522.3 497.6 522.0	519.9 498.0 519.7	476.2 506.8 478.0	479.1 502.2 480.3
521.9 499.2 521.7	482.4 500.4 483.7	463.0 512.3 465.4	518.9 492.5 518.3	518.6 500.5 518.4
476.1 504.0 477.9	523.3 498.0 523.0	518.6 497.1 518.3	484.7 499.1 485.7	475.8 501.7 477.0
l 9∘+1.4. *r* 1∪	*l* 9∘+1.+0.8∘ *r* 0	*l* 9∘+1. *r* 1.4..	*l* 9∘+1.4.+1. *r* 0	*l* 9∘+1.4. *r* 1∪
l 9∘+1. *r* 1.4..	*l* 9∘+1.+1.4. *r* 0	*l* 9∘+1.4. *r* 1∪	*l* 9∘+1.+0.8∘ *r* 0	*l* 9∘+1. *r* 1.4..

Anfang $\vartheta_o = 7.22$ $b = 771.30$ $\vartheta_u = 7.38$
Ende $\vartheta_o = 7.21$ $b = 770.73$ $\vartheta_u = 7.38$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung +0.1 zu corr. [2] dgl. +0.2 zu corr. [3] dgl. +0.25 zu. corr.

---

31. März 1892. Anfangsstellung $\frac{Hm}{Sp} \Big| \frac{Sm}{Ho}$

I	II	III	IV	V
481.5 498.2 482.2	479.5 498.8 480.7	518.2 499.8 518.2	484.0 499.1 485.0	519.0 499.6 518.8
521.0 500.4 521.0	521.0 500.0 520.9	483.6 500.6 484.4	522.0 500.5 522.0	479.5 499.9 480.7
480.9 502.0 481.9	480.1 499.4 481.0	525.6 500.8 525.1	485.0 498.9 485.6	523.1 500.0 523.0
521.0 500.7 520.9	523.9 500.9 523.3	483.1 498.8 484.0	522.8 500.8 522.3	481.1 498.8 482.0
482.2 498.9 483.2	488.0 498.5 488.7	520.0 500.0 519.9	482.3 499.9 483.1	
	481.0 499.7 481.8	479.3 499.0 480.2		
l 1.4.+9∘ *r* 3=	*l* 3_+9∘ *r* 0	*l* 1.4.+9∘+0.8∘ *r* 3=	*l* 3_+9∘ *r* 0	*l* 1.4.+9∘+0.8∘ *r* 3=
l 1.4.+9∘+0.8∘ *r* 3=	*l* 3_+9∘+0.8∘ *r* 0	*l* 1.4.+9∘ *r* 3=	*l* 3_+9∘+0.8∘ *r* 0	*l* 1.4.+9∘ *r* 3=

Anfang $\vartheta_o = 7.21$ $b = 770.73$ $\vartheta_u = 7.40$
Ende $\vartheta_o = 7.20$ $b = 769.98$ $\vartheta_u = 7.41$

1. April 1892. Anfangsstellung $\frac{Ho}{Sm}\Big|\frac{Sp}{Hm}$

I			II[1]			III[2]			IV[2]			V[3]		
516.0	497.8	516.0	517.1	498.2	517.0	469.3	505.3	471.2	473.2	503.0	475.0	516.4	496.0	516.0
472.9	501.0	474.1	477.9	500.1	479.0	521.9	498.4	521.3	517.2	499.3	517.0	471.0	498.9	472.2
516.0	500.4	516.0	513.9	497.8	514.1	472.8	498.5	474.0	474.5	499.1	475.8	517.1	497.5	517.0
471.2	498.8	472.3	477.0	499.6	478.0	514.3	497.2	514.2	522.1	496.3	521.7	472.7	499.6	474.1
510.7	501.0	510.9	516.8	497.2	516.7	469.2	501.9	470.8	472.9	501.3	474.2	511.0	498.8	511.0
461.2	507.7	463.4	472.0	501.6	473.6	515.8	494.1	515.4	522.9	494.9	522.7	467.9	502.0	469.4
l $9_\circ$+1.4.+1.		*r* 0	*l* $9_\circ$+1.4.		*r* 1◡	*l* $9_\circ$+1.4.+1.		*r* 0.8.	*l* $9_\circ$+1.4.		*r* 1◡+0.8.	*l* $9_\circ$+1.4.+1.		*r* 0
l $9_\circ$+1.4.+1.		*r* 0.8.	*l* $9_\circ$+1.4.		*r* 1◡+0.8.	*l* $9_\circ$+1.4.+1.		*r* 0	*l* $9_\circ$+1.4.		*r* 1◡	*l* $9_\circ$+1.4.+1.		*r* 0.8.

Anfang $\vartheta_o = 7.22$ $b = 763.27$ $\vartheta_u = 7.41$
Ende $\vartheta_o = 7.22$ $b = 762.99$ $\vartheta_u = 7.41$

[1] wegen Nullpunktscorrection +0.05 zu corr. [2] dgl. +0.1 zu corr. [3] dgl. +0.15 zu corr.

---

2. April 1892. Anfangsstellung $\frac{Hm}{Sp}\Big|\frac{Sm}{Ho}$

I			II			III			IV			V		
476.4	498.1	477.4	478.4	498.7	479.1	481.0	498.7	482.0	478.1	498.8	479.5	481.7	499.0	482.2
516.1	500.0	516.0	516.0	498.7	516.0	518.4	498.0	518.0	520.4	500.3	520.2	515.1	499.2	515.1
475.9	498.3	476.9	474.1	498.0	475.3	473.5	498.3	474.6	523.0	497.5	522.7	473.4	498.1	474.5
512.4	500.7	512.6	512.1	500.1	512.0	512.1	499.4	512.0	481.0	498.5	481.9	521.0	500.1	520.5
475.9	498.8	476.8	474.4	498.5	475.5	474.5	498.0	475.5	519.8	501.3	519.2	476.7	498.1	477.7
			513.1	498.6	513.0	515.8	500.4	515.8	484.3	498.6	485.0	516.0	500.0	516.0
			481.5	498.1	482.1	478.0	501.5	479.2				474.4	498.5	475.5
			474.6	499.6	475.9									
l 1.4.+$9_\circ$		*r* 3=	*l* 3_+$9_\circ$		*r* 0	*l* 1.4.+$9_\circ$		*r* 3=	*l* 3_+$9_\circ$		*r* 0	*l* 1.4.+$9_\circ$		*r* 3=
l 1.4.+$9_\circ$+$0.8_\circ$		*r* 3=	*l* 3_+$9_\circ$+$0.8_\circ$		*r* 0	*l* 1.4.+$9_\circ$+$0.8_\circ$		*r* 3=	*l* 3_+$9_\circ$+$0.8_\circ$		*r* 0	*l* 1.4.+$9_\circ$+$0.8_\circ$		*r* 3=

Anfang $\vartheta_o = 7.25$ $b = 765.59$ $\vartheta_u = 7.43$
Ende $\vartheta_o = 7.26$ $b = 764.97$ $\vartheta_u = 7.43$

---

4. April 1892. Anfangsstellung $\frac{Ho}{Sm}\Big|\frac{Sp}{Hm}$

I			II[1]			III[1]			IV[2]			V[2]		
526.0	497.5	525.8	522.8	495.0	522.3	473.2	499.0	474.8	471.0	501.0	472.6	520.5	500.2	520.2
478.0	506.0	479.7	471.1	500.3	472.6	517.0	494.9	516.8	517.4	499.1	517.2	482.8	503.0	484.0
524.0	499.0	523.7	512.3	499.0	512.7	478.6	499.0	480.0	465.9	504.9	467.6	526.0	491.5	525.3
476.2	502.8	477.8	472.2	499.3	473.7	524.3	491.6	523.9	513.7	497.7	513.8	472.1	501.7	473.6
517.9	498.3	517.8	527.5	483.9	526.7	472.0	505.0	473.9	471.9	505.3	473.5	526.2	485.9	525.3
471.3	503.0	473.3	471.0	501.0	472.7	520.1	496.4	521.0	514.2	494.0	514.0	474.8	500.6	476.0
l $9_\circ$+3_+1.4.		*r* 1◡+0.8.	*l* $9_\circ$+1.4.		*r* 1◡	*l* $9_\circ$+3_+1.		*r* 0.8.+1.4..	*l* $9_\circ$+1.		*r* 1.4..	*l* $9_\circ$+3_+1.4.		*r* 0.8.+1◡
l $9_\circ$+3_+1.		*r* 1.4..+0.8.	*l* $9_\circ$+1.		*r* 1.4..	*l* $9_\circ$+3_+1.4.		*r* 0.8.+1◡	*l* $9_\circ$+1.4.		*r* 1◡	*l* $9_\circ$+3_+1.		*r* 0.8.+1.4..

Anfang $\vartheta_o = 7.28$ $b = 761.34$ $\vartheta_u = 7.43$
Ende $\vartheta_o = 7.28$ $b = 760.85$ $\vartheta_u = 7.43$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung +0.1 zu corr. [2] dgl. +0.2 zu corr.

16. April 1892. Anfangsstellung $\frac{Hm}{Sm}\Big|\frac{Sp}{Ho}$

I			II			III[1]			IV[1]			V[2]		
475.1	504.0	476.7	534.8	504.2	534.8	534.5	503.8	534.1	489.2	502.9	490.1	509.1	501.0	509.2
529.8	503.7	529.8	473.4	505.0	475.1	482.0	504.1	483.3	542.1	503.0	541.7	557.9	504.7	556.7
479.1	502.0	480.2	531.8	503.5	531.8	539.2	502.9	538.8	488.6	508.2	489.9	513.4	499.3	513.0
528.8	504.1	528.7	483.1	503.7	484.3	478.2	509.7	480.0	546.2	503.2	545.6	546.7	520.9	546.3
475.0	504.1	476.2	537.0	501.9	536.8	538.6	503.1	538.0	489.4	506.8	490.4	516.9	497.2	516.4
528.3	503.0	528.2	485.3	503.0	486.3	489.1	502.6	490.0	548.1	504.1	547.3	557.9	504.1	556.7
$l\ 9_\circ+3_-$		$r\ 1_\cup+0.8.$	$l\ 9_\circ+3_-+1.4.$		$r\ 0.8.$	$l\ 9_\circ+3_-$		$r\ 0.8.$	$l\ 9_\circ+3_-+1.4.$			$l\ 9_\circ+3_-$		$r\ 0.8.+1_\cup$
$l\ 9_\circ+3_-$		$r\ 0.8.$	$l\ 9_\circ+3_-+1.4.$			$l\ 9_\circ+3_-$		$r\ 0.8.+1_\cup$			$r\ 1_\cup+0.8.$	$l\ 9_\circ+3_-$		$r\ 0.8.$
					$r\ 1_\cup+0.8.$				$l\ 9_\circ+3_-+1.4.$		$r\ 0.8.$			

Anfang $\vartheta_o = 7.38$ $b = 750.62$ $\vartheta_u = 7.53$
Ende $\vartheta_o = 7.37$ $b = 749.29$ $\vartheta_u = 7.54$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung +0.1 zu corrigiren. [2] dgl. +0.2 zu corr.

---

19. April 1892. Anfangsstellung $\frac{Ho}{Sp}\Big|\frac{Sm}{Hm}$

I			II			III			IV			V		
472.4	501.0	473.9	483.9	503.9	484.7	534.0	503.3	533.4	487.0	500.0	487.7	487.5	509.0	488.0
516.5	502.3	516.5	530.2	503.0	529.8	494.0	501.8	494.5	526.4	502.7	526.0	533.0	503.0	532.8
474.6	500.2	475.5	490.1	501.0	490.8	532.2	503.0	531.7	488.0	500.4	488.5	493.9	502.0	494.5
517.6	502.5	517.8	534.0	503.0	533.2	491.4	503.0	492.0	529.2	503.1	529.3	535.0	503.2	534.8
479.8	500.2	480.6	490.1	501.1	490.7	529.0	503.2	529.0	489.0	502.1	489.6	490.0	502.2	490.8
522.0	503.1	522.1												
484.2	501.5	485.1												
$l\ 1.+9_\circ$		$r\ 0$	$l\ 3_-+9_\circ$		$r\ 1_\cup$	$l\ 1.+9_\circ+0.8_\circ$		$r\ 0$	$l\ 3_-+9_\circ$		$r\ 1_\cup$	$l\ 1.+9_\circ$		$r\ 0$
$l\ 1.+9_\circ+0.8_\circ$		$r\ 0$	$l\ 3_-+9_\circ+0.8_\circ$		$r\ 1_\cup$	$l\ 1.+9_\circ$		$r\ 0$	$l\ 3_-+9_\circ+0.8_\circ$		$r\ 1_\cup$	$l\ 1.+9_\circ+0.8_\circ$		$r\ 0$

Anfang $\vartheta_o = 7.35$ $b = 760.21$ $\vartheta_u = 7.53$
Ende $\vartheta_o = 7.36$ $b = 760.23$ $\vartheta_u = 7.53$

---

20. April 1892. Anfangsstellung $\frac{Hm}{Sm}\Big|\frac{Sp}{Ho}$

I			II			III			IV[1]			V[1]		
524.3	502.2	524.3	531.0	500.0	530.3	477.5	501.0	478.3	480.2	502.5	481.0	516.8	499.5	516.7
477.1	507.0	478.1	477.9	501.0	478.9	518.9	500.3	518.7	513.9	501.0	513.8	473.5	502.2	474.8
519.3	501.6	519.3	520.0	501.0	519.9	474.6	501.0	475.3	476.9	501.2	477.9	521.7	502.4	521.6
475.9	502.7	477.0	476.8	500.7	477.4	516.6	501.2	516.7	519.0	496.7	518.7	471.5	501.3	472.6
520.8	502.3	520.6	514.9	502.0	515.0	476.5	502.3	477.3	480.4	502.8	481.4	519.1	497.1	518.9
480.2	501.8	481.0	479.0	502.0	479.8	519.8	501.1	519.2	519.0	500.0	518.8	468.9	507.0	470.1
$l\ 9_\circ+1.+1.4.$		$r\ 0$	$l\ 9_\circ+3_-+0.8_\circ$		$r\ 0$	$l\ 9_\circ+1.+1.4.$		$r\ 0.8.$	$l\ 9_\circ+3_-+0.8_\circ$		$r\ 0.8.$	$l\ 9_\circ+1.4.+1.$		$r\ 0$
$l\ 9_\circ+1.+1.4.$		$r\ 0.8.$	$l\ 9_\circ+3_-+0.8_\circ$		$r\ 0.8.$	$l\ 9_\circ+1.+1.4.$		$r\ 0$	$l\ 9_\circ+3_-+0.8_\circ$		$r\ 0$	$l\ 9_\circ+1.4.+1.$		$r\ 0.8.$

Anfang $\vartheta_o = 7.35$ $b = 765.55$ $\vartheta_u = 7.53$
Ende $\vartheta_o = 7.36$ $b = 765.58$ $\vartheta_u = 7.53$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung +0.1 zu corrigiren.

21. April 1892. Anfangsstellung $\frac{Sm \mid Ho}{Hm \mid Sp}$

I	II	III	IV	V
489.8 500.5 490.1	487.2 499.2 487.9	488.5 501.3 489.1	489.8 500.3 490.0	490.9 503.4 492.2
525.0 503.6 524.9	527.0 502.2 526.8	530.5 502.7 530.1	524.0 502.6 523.8	490.0 499.5 490.1
492.0 500.1 492.3	488.2 501.7 489.0	492.9 500.9 493.0	486.1 500.2 486.9	530.0 503.1 529.5
533.1 502.0 532.8	522.7 502.0 522.1	530.4 503.6 529.9	528.0 502.7 527.6	493.7 501.7 494.1
486.9 500.5 487.3	486.1 501.0 486.8	494.9 500.9 495.0	491.0 500.2 491.2	
526.2 502.5 526.0				
$l\ 3_{-}+9_{\circ}$ $r\ 0$ $l\ 3_{-}+9_{\circ}+0.8_{\circ}$ $r\ 0$	$l\ 1.+3_{-}+9_{\circ}$ $r\ 0.8.+1.4..$ $l\ 1.+3_{-}+9_{\circ}+0.8_{\circ}$ $r\ 0.8.+1.4..$	$l\ 3_{-}+9_{\circ}$ $r\ 0$ $l\ 3_{-}+9_{\circ}+0.8_{\circ}$ $r\ 0$	$l\ 1.+3_{-}+9_{\circ}$ $r\ 0.8.+1.4..$ $l\ 1.+3_{-}+9_{\circ}+0.8_{\circ}$ $r\ 0.8.+1.4..$	$l\ 3_{-}+9_{\circ}$ $r\ 0$ $l\ 3_{-}+9_{\circ}+0.8_{\circ}$ $r\ 0$

Anfang $\vartheta_o = 7.36$ $b = 766.17$ $\vartheta_u = 7.53$
Ende $\vartheta_o = 7.36$ $b = 764.74$ $\vartheta_u = 7.53$

---

22. April 1892. Anfangsstellung $\frac{Sp \mid Hm}{Ho \mid Sm}$

I	II	III[1]	IV[1]	V[2]
475.3 506.1 476.8	526.7 502.4 526.1	522.2 502.0 522.0	485.0 501.9 485.9	479.2 504.2 480.2
526.0 500.1 525.9	480.1 502.1 481.1	480.6 504.8 481.7	526.3 501.1 526.0	523.5 502.0 523.1
476.0 501.4 477.0	524.2 496.5 523.7	520.2 501.2 520.0	483.9 501.5 484.5	480.9 505.0 481.9
526.3 500.9 525.9	471.0 504.9 472.2	479.9 501.1 480.7	520.4 500.8 520.2	525.3 502.9 525.0
485.9 501.0 486.8	528.2 498.2 527.8	520.9 501.2 520.7	479.4 501.2 480.2	482.7 501.7 483.3
520.1 502.5 520.1	478.3 501.8 479.2	475.6 503.3 476.7	519.6 500.9 519.2	518.0 503.2 517.7
$l\ 9_{\circ}+3_{-}$ $r\ 0$ $l\ 9_{\circ}+3_{-}+0.8_{\circ}$ $r\ 0$	$l\ 9_{\circ}+1.4.+1.+0.8_{\circ}$ $r\ 0.8.$ $l\ 9_{\circ}+1.4.+1.$ $r\ 0.8.$	$l\ 9_{\circ}+3_{-}+0.8_{\circ}$ $r\ 0$ $l\ 9_{\circ}+3_{-}$ $r\ 0$	$l\ 9_{\circ}+1.4.+1.$ $r\ 0.8.$ $l\ 9_{\circ}+1.4.+1.+0.8_{\circ}$ $r\ 0.8.$	$l\ 9_{\circ}+3_{-}$ $r\ 0$ $l\ 9_{\circ}+3_{-}+0.8_{\circ}$ $r\ 0$

Anfang $\vartheta_o = 7.37$ $b = 764.67$ $\vartheta_u = 7.54$
Ende $\vartheta_o = 7.37$ $b = 763.75$ $\vartheta_u = 7.54$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung +0.1 zu corrigiren. [2] dgl. +0.2 zu corr.

---

23. April 1892. Anfangsstellung $\frac{Sm \mid Ho}{Hm \mid Sp}$

I	II	III	IV	V
489.0 501.0 489.7	489.8 501.0 490.2	494.0 501.0 494.4	523.9 502.2 523.3	
529.0 502.8 528.8	524.9 502.8 524.3	527.4 503.0 527.0	485.5 500.8 486.0	
489.8 502.3 490.0	485.5 500.9 486.0	483.8 504.1 484.6	525.0 502.5 524.4	
533.8 503.0 533.0	527.4 502.7 527.0	527.1 502.6 526.9	485.1 500.0 485.6	
493.7 500.9 494.1	489.0 500.6 489.5	492.7 500.2 493.0	527.0 500.9 526.4	
$l\ 3_{-}+9_{\circ}$ $r\ 0$ $l\ 3_{-}+9_{\circ}+0.8_{\circ}$ $r\ 0$	$l\ 1.+3_{-}+9_{\circ}$ $r\ 0.8.+1.4..$ $l\ 1.+3_{-}+9_{\circ}+0.8_{\circ}$ $r\ 0.8.+1.4..$	$l\ 3_{-}+9_{\circ}$ $r\ 0$ $l\ 3_{-}+9_{\circ}+0.8_{\circ}$ $r\ 0$	$l\ 1.+3_{-}+9_{\circ}+0.8_{\circ}$ $r\ 0.8.+1.4..$ $l\ 1.+3_{-}+9_{\circ}$ $r\ 0.8.+1.4..$	

Anfang $\vartheta_o = 7.38$ $b = 763.90$ $\vartheta_u = 7.57$
Ende $\vartheta_o = 7.37$ $b = 763.64$ $\vartheta_u = 7.56$

28. April 1892. Anfangsstellung $\frac{Ho}{Sp} \Big| \frac{Sm}{Hm}$

I			II			III			IV			V		
483.9	500.2	484.2	512.0	501.9	512.0	524.6	502.0	524.2	474.0	500.3	475.0	488.3	500.6	488.9
526.0	503.5	525.7	467.6	499.9	468.8	485.9	500.7	486.3	512.0	501.0	511.9	519.5	502.1	519.2
481.0	501.3	482.0	513.7	502.0	513.6	520.1	503.0	520.0	472.2	499.9	473.0	521.0	502.7	520.9
525.0	503.1	524.7	473.6	499.7	474.7	484.0	500.7	484.6	509.0	502.0	509.0	478.0	500.5	478.8
481.5	501.2	482.1	513.9	502.2	513.7	525.0	503.1	524.4	463.8	504.6	465.1	523.2	500.9	523.0
			473.0	499.9	474.0									
l $9_\circ$ r 0.8.			l 1.+$9_\circ$ r 0			l $9_\circ$ r 0			l 1.+$9_\circ$ r 0.8.			l $9_\circ$ r 0.8.		
l $9_\circ$ r 0			l 1.+$9_\circ$ r 0.8.			l $9_\circ$ r 0.8.			l 1.+$9_\circ$ r 0			l $9_\circ$ r 0		

Anfang $\vartheta_o = 7.37$ $b = 755.06$ $\vartheta_u = 7.52$
Ende $\vartheta_o = 7.37$ $b = 753.81$ $\vartheta_u = 7.53$

---

10. Mai 1892. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Ho} \Big| \frac{Hm}{Sm}$

I			II			III			IV			V		
524.0	503.1	524.0	473.1	500.2	474.2	501.1	500.1	501.1	485.2	500.5	486.0	498.2	503.1	498.6
474.0	501.0	474.8	522.9	503.0	522.5	494.7	502.0	495.1	524.9	502.5	524.5	541.6	504.0	541.0
522.9	502.8	522.9	475.1	502.0	476.2	537.9	504.0	537.0	482.9	501.6	483.7	494.2	502.9	494.9
481.0	501.8	482.0	513.4	503.2	513.4	504.3	502.0	504.4	518.6	502.1	518.6	540.4	502.6	539.9
524.5	503.5	524.2	484.2	500.5	485.0	538.0	503.8	537.7	477.2	507.0	478.4	491.7	504.6	492.5
501.9	495.1	501.9	522.0	502.7	522.0				521.2	502.9	521.0	540.2	504.0	539.7
483.0	501.0	484.0												
520.9	502.0	520.7												
l 3_+$9_\circ$ r 1.4..			l $9_\circ$ r 0.8.			l 3_+$9_\circ$ r 1.4..+0.8.			l $9_\circ$ r 0.8.			l 3_+$9_\circ$ r 1.4..+0.8.		
l 3_+$9_\circ$ r 0.8.+1.4..			l $9_\circ$ r 0			l 3_+$9_\circ$ r 1.4..			l $9_\circ$ r 0			l 3_+$9_\circ$ r 1.4..		

Anfang $\vartheta_o = 7.36$ $b = 764.23$ $\vartheta_u = 7.53$
Ende $\vartheta_o = 7.36$ $b = 763.30$ $\vartheta_u = 7.53$

---

13. Mai 1892. Anfangsstellung $\frac{Sm}{Hm} \Big| \frac{Ho}{Sp}$

I			II			III			IV			V		
508.1	502.2	508.3	513.9	503.0	514.0	506.5	500.0	506.7	521.6	501.1	521.2	507.9	501.3	507.9
464.9	500.6	466.0	477.0	500.8	478.0	461.6	501.1	463.0	474.0	503.9	475.0	468.5	499.7	469.5
493.0	509.8	494.0	522.6	502.8	522.3	514.0	494.9	513.8	520.8	502.0	520.2	512.8	497.6	512.7
464.7	500.0	466.0	476.0	500.3	477.0	469.1	500.1	470.3	480.1	500.5	481.0	504.6	502.5	504.7
511.6	500.1	511.5	514.9	502.5	514.9	508.6	501.5	508.8	515.1	502.7	515.1			
463.4	499.6	464.5	472.5	500.3	473.7	467.1	499.0	468.1	481.0	501.0	481.8			
l $9_\circ$+1. r 0			l $9_\circ$ r 0			l $9_\circ$+1. r 0			l $9_\circ$ r 0			l $9_\circ$+1. r 0		
l $9_\circ$+1. r 0.8.			l $9_\circ$ r 0.8.			l $9_\circ$+1. r 0.8.			l $9_\circ$ r 0.8.			l $9_\circ$+1. r 0.8.		

Anfang $\vartheta_o = 7.38$ $b = 768.29$ $\vartheta_u = 7.59$
Ende $\vartheta_o = 7.40$ $b_l = 767.24$ $\vartheta_u = 7.59$

16. Mai 1892. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Ho}\Big|\frac{Hm}{Sm}$

I	II	III	IV	V
491.7 502.6 492.1	484.4 501.0 485.2	502.8 500.2 503.0	482.1 500.4 482.9	535.9 503.0 535.1
531.1 504.0 530.8	519.0 502.5 519.0	491.1 502.0 491.9	523.0 503.0 522.6	489.5 509.4 490.6
483.4 502.1 484.1	482.0 501.4 483.0	535.7 503.4 535.1	474.1 500.3 475.0	531.9 503.9 531.1
525.9 503.7 525.5	524.0 502.0 523.9	492.3 502.0 492.9	524.0 500.2 523.5	504.0 498.1 504.6
487.5 501.0 488.0	482.8 501.0 483.3	538.7 503.7 538.0	483.0 500.7 483.9	490.5 501.5 491.0
529.7 504.0 529.0			522.2 502.0 522.0	
l 3_+9$_0$ r 0.8.+1.4..	l 9$_0$ r 0.8.	l 3_+9$_0$ r 0.8.+1.4..	l 9$_0$ r 0.8.	l 3_+9$_0$ r 1.4..
l 3_+9$_0$ r 1.4..	l 9$_0$ r 0	l 3_+9$_0$ r 1.4..	l 9$_0$ r 0	l 3_+9$_0$ r 0.8.+1.4..

Anfang $\vartheta_o = 7.40$ $b = 751.80$ $\vartheta_u = 7.60$
Ende $\vartheta_o = 7.40$ $b = 750.66$ $\vartheta_u = 7.60$

---

18. Mai 1892. Anfangsstellung $\frac{Sm}{Hm}\Big|\frac{Ho}{Sp}$

I	II	III	IV	V
504.0 502.1 504.3	514.7 502.0 514.7	517.8 502.9 517.5	519.8 503.6 519.2	461.0 499.5 462.7
506.6 500.8 407.0	482.0 500.7 483.0	466.0 499.4 467.1	481.0 500.5 482.0	490.4 505.4 491.5
461.9 500.0 463.1	458.3 519.0 461.1	507.6 501.9 507.7	517.8 502.6 517.5	461.6 499.1 463.0
506.9 502.7 507.0	523.0 503.1 522.4	462.3 499.1 463.7	472.0 500.6 473.4	502.2 499.9 502.4
	481.1 500.4 482.0	504.1 500.5 504.2	512.0 503.0 512.0	458.5 499.4 460.0
		462.7 499.3 464.1	469.0 500.4 470.3	
l 1.+9$_0$ r 0	l 9$_0$ r 0	l 1.+9$_0$ r 0	l 9$_0$ r 0	l 1.+9$_0$ r 0.8.
l 1.+9$_0$ r 0.8.	l 9$_0$ r 0.8.	l 1.+9$_0$ r 0.8.	l 9$_0$ r 0.8.	l 1.+9$_0$ r 0

Anfang $\vartheta_o = 7.48$ $b = 760.55$ $\vartheta_u = 7.62$
Ende $\vartheta_o = 7.50$ $b = 761.17$ $\vartheta_u = 7.63$

---

8. Juni 1892. Anfangsstellung $\frac{Sm}{Hm}\Big|\frac{Ho}{Sp}$

I	II	III	IV	V
492.1 502.0 492.8	483.5 501.2 484.1	542.0 504.3 541.0	522.1 504.0 521.9	539.0 504.7 537.9
529.0 506.0 528.5	522.8 503.0 522.1	487.3 503.0 488.1	479.9 503.0 481.4	495.1 502.5 495.8
496.4 502.5 497.1	482.9 500.4 483.8	534.2 504.5 533.4	528.5 504.0 527.9	530.0 504.5 529.7
535.8 505.0 534.9	518.4 497.5 518.0	497.0 503.4 497.0	490.1 502.0 490.9	494.0 502.9 494.9
483.2 509.9 485.0	483.9 502.4 484.9	527.0 504.0 526.1	524.0 504.0 523.4	537.7 505.0 536.9
524.0 503.6 523.0	523.4 504.0 523.0	494.5 507.7 495.5	488.0 501.2 489.2	
508.0 495.1 507.8		527.8 504.0 527.0		
534.0 504.0 533.0		485.0 505.9 486.0		
495.0 502.9 495.3				
l 9$_0$+1.4. r 0.8.	l 9$_0$ r 0.8.	l 9$_0$+1.4. r 0	l 9$_0$ r 0	l 9$_0$+1.4. r 0
l 9$_0$+1.4. r 0	l 9$_0$ r 0	l 9$_0$+1.4. r 0.8.	l 9$_0$ r 0.8.	l 9$_0$+1.4. r 0.8.

Anfang $\vartheta_o = 8.21$ $b = 763.82$ $\vartheta_u = 8.16$
Ende $\vartheta_o = 8.22$ $b = 763.03$ $\vartheta_u = 8.17$

15. Juni 1892. Anfangsstellung $\frac{Sm \mid Ho}{Hm \mid Sp}$

I			II			III			IV			V		
470.0	499.9	472.4	477.2	501.0	478.5	521.0	503.9	520.9	525.1	503.0	524.0	513.0	502.5	513.2
467.3	541.9	469.5	522.0	502.6	521.8	475.8	501.0	477.0	490.0	500.5	490.4	480.0	501.3	481.1
470.0	500.6	472.0	484.0	501.6	485.0	522.9	503.7	522.0	522.0	502.7	521.1	516.0	501.2	516.0
513.5	504.0	513.1	518.0	504.0	518.0	465.9	499.7	467.4	480.0	501.0	481.0	472.0	502.0	473.3
475.7	501.1	476.9	483.0	501.4	484.6	507.4	502.8	507.7	518.0	503.5	517.8	523.0	504.0	522.3
518.0	504.0	517.4	521.0	504.0	520.2	478.5	501.4	479.9						
l 1.4.+$9_\circ$ r 0.8.			l 1.4.+$9_\circ$ r 0.8.+$1_\cup$			l 1.4.+$9_\circ$ r 0			l 1.4.+$9_\circ$ r $1_\cup$			l 1.4.+$9_\circ$ r 0		
l 1.4.+$9_\circ$ r 0			l 1.4.+$9_\circ$ r $1_\cup$			l 1.4.+$9_\circ$ r 0.8.			l 1.4.+$9_\circ$ r $1_\cup$+0.8.			l 1.4.+$9_\circ$ r 0.8.		

Anfang $\vartheta_o = 8.32$ $b = 753.61$ $\vartheta_u = 8.27$
Ende $\vartheta_o = 8.35$ $b = 753.20$ $\vartheta_u = 8.28$

20. Juni 1892. Anfangsstellung $\frac{Sp \mid Hm}{Ho \mid Sm}$

I			II			III			IV			V		
519.2	499.0	518.8	513.2	504.2	513.1	483.8	501.1	483.8	534.3	503.1	533.5	518.0	502.0	517.9
475.4	501.4	476.9	481.1	501.4	482.1	521.2	503.5	521.0	491.0	503.0	492.0	482.7	501.6	483.3
516.9	502.6	516.7	534.5	503.0	532.3	493.3	502.0	494.0	528.0	504.6	527.5	517.0	503.2	517.0
480.0	501.9	481.2	494.0	502.0	494.9	531.4	499.1	530.0	479.9	501.8	481.0	474.0	503.2	475.2
521.3	503.0	520.9	535.8	505.0	534.8	486.2	501.8	487.4	521.1	504.0	520.6	520.0	504.0	519.8
			478.9	501.7	480.0									
			529.4	504.0	528.7									
			478.5	503.0	479.8									
			519.8	503.0	519.4									
l 3_-+$9_\circ$ r 1.4..			l 1.4.+$9_\circ$ r $1_\cup$			l 3_-+$9_\circ$ r 1.4..+0.8.			l 1.4.+$9_\circ$ r $1_\cup$			l 3_-+$9_\circ$ r 1.4..		
l 3_-+9_c r 1.4..+0.8.			l 1.4.+$9_\circ$ r 0.8.+$1_\cup$			l 3_-+$9_\circ$ r 1.4..			l 1.4.+$9_\circ$ r $1_\cup$+0.8.			l 3_-+$9_\cup$ r 1.4..+0.8.		

Anfang $\vartheta_o = 8.40$ $b = 755.82$ $\vartheta_u = 8.35$
Ende $\vartheta_o = 8.43$ $b = 755.50$ $\vartheta_u = 8.36$

21. Juni 1895. Anfangsstellung $\frac{Sd \mid Ho}{Hm \mid Sm}$

I			II			III			IV[1]			V		
528.3	502.9	528.7	470.4	507.2	471.8	481.9	507.1	482.8	519.6	507.2	520.0	530.5	506.3	530.9
476.5	507.1	477.3	518.2	507.3	518.7	527.3	507.0	527.5	475.6	507.2	476.3	481.8	506.3	482.7
526.0	505.5	526.2	474.5	506.4	475.5	484.3	506.7	485.2	522.9	507.0	523.0	531.0	507.0	531.0
			519.7	507.3	520.0	528.9	507.5	529.0	476.0	506.1	477.0			
l 3_-+1.+$0.8_\circ$ r 0			l $9_\circ$+1.4. r $3_=$+$1_\cup$			l 3_-+1. r 0			l $9_\circ$+1.4.+$0.8_\circ$ r $3_=$+$1_\cup$			l 3_-+1.+$0.8_\circ$ r 0		
l 3_-+1. r 0			l $9_\circ$+1.4.+$0.8_\circ$ r $3_=$+$1_\cup$			l 3_-+1.+$0.8_\circ$ r 0			l $9_\circ$+1.4. r $3_=$+$1_\cup$			l 3_-+1. r 0		

Anfang $\vartheta_o = 8\overset{\circ}{.}48$ $b = 765.48$ $\vartheta_u = 8\overset{\circ}{.}39$
Ende $\vartheta_o = 8.50$ $\vartheta_u = 8.40$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung —0.1 zu corrigiren.

24. Juni 1895. Anfangsstellung $\frac{Sm}{Ho}\Big|\frac{Hm}{Sd}$

I	II	III	IV	V
466.1 502.9 467.3	480.2 503.0 481.2	469.9 502.8 471.0	478.1 502.8 479.0	470.2 503.0 471.4
514.8 502.3 515.0	523.3 503.8 523.5	515.0 503.5 515.1	525.0 503.5 525.0	517.7 502.9 518.0
470.5 502.7 471.5	483.0 502.6 483.9	473.0 502.3 473.9	480.0 502.9 480.8	472.0 502.6 473.0
515.2 503.0 515.6	525.1 503.3 525.2	517.0 503.4 517.1	525.4 503.9 525.5	516.4 503.8 516.7
$l\ 9_\circ+1.4.+1.$ $r\ 0.8..+3_=$ $l\ 9_\circ+1.4.+1.\quad r\ 3_=$	$l\ 9_\circ\quad r\ 0.8..+1_\smile$ $+1.4..+3_=$ $l\ 9_\circ\quad r\ 1_\smile+1.4..+3_=$	$l\ 9_\circ+1.4.+1.$ $r\ 0.8..+3_=$ $l\ 9_\circ+1.4.+1.\quad r\ 3_=$	$l\ 9_\circ\quad r\ 0.8..+1_\smile$ $+1.4..+3_=$ $l\ 9_\circ\quad r\ 1_\smile+1.4..+3_=$	$l\ 9_\circ+1.4.+1.$ $r\ 0.8..+3_=$ $l\ 9_\circ+1.4.+1.\quad r\ 3_=$

Anfang $\vartheta_o = 8.57$ $b = 762.35$ $\vartheta_u = 8^\circ48$
Ende $\vartheta_o = 8^\circ59$ $b = 761.74$ $\vartheta_u = 8.49$

---

2. Juli 1895. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Hm}\Big|\frac{Ho}{Sm}$

I	II	III	IV	V
530.0 504.0 530.1	479.0 503.2 479.9	488.0 503.2 489.0	479.9 503.3 481.0	486.1 503.5 487.0
484.8 504.0 485.5	531.0 499.8 531.0	532.9 504.0 532.8	526.9 503.5 527.0	534.4 504.3 534.3
531.9 504.5 532.0	480.2 503.0 481.1	488.1 503.4 489.0	482.1 502.8 483.0	489.1 504.0 490.0
488.5 503.3 489.1	526.0 503.8 526.0	532.0 504.1 532.0	528.0 503.0 528.0	535.5 504.1 535.5
$l\ 3_-+1.+0.8_\circ\quad r\ 0$ $l\ 3_-+1.\quad r\ 0$	$l\ 9_\circ+1.4.\quad r\ 1_\smile+3_=$ $l\ 9_\circ+1.4.+0.8_\circ$ $r\ 1_\smile+3_=$	$l\ 3_-+1.\quad r\ 0$ $l\ 3_-+1.+0.8_\circ\quad r\ 0$	$l\ 9_\circ+1.4.\quad r\ 1_\smile+3_=$ $l\ 9_\circ+1.4.+0.8_\circ$ $r\ 1_\smile+3_=$	$l\ 3_-+1.\quad r\ 0$ $l\ 3_-+1.+0.8_\circ\quad r\ 0$

Anfang $\vartheta_o = 9^\circ09$ $b = 755.65$ $\vartheta_u = 8^\circ79$
Ende $\vartheta_o = 9.11$ $b = 755.55$ $\vartheta_u = 8.81$

---

4. Juli 1895. Anfangsstellung $\frac{Sm}{Ho}\Big|\frac{Hm}{Sd}$

I	II	III	IV	V
473.7 503.3 474.8	477.0 502.8 478.0	475.1 504.7 476.5	478.1 503.3 479.0	478.4 502.8 479.5
518.0 504.1 518.2	523.1 504.0 523.3	521.9 503.6 522.1	522.2 504.1 522.5	518.9 503.5 519.1
475.9 504.0 476.8	479.9 503.2 480.5	477.8 503.1 478.7	477.8 504.8 478.6	476.3 504.2 477.3
520.4 503.6 520.6	526.8 503.6 526.8	523.6 503.4 523.7	522.6 504.0 522.7	528.7 501.5 528.5
$l\ 9_\circ+1.4.+1.$ $r\ 0.8..+3_=$ $l\ 9_\circ+1.4.+1.\quad r\ 3_=$	$l\ 3_-+1.4.\quad r\ 0.8..+1_\smile$ $l\ 3_-+1.4.\quad r\ 1_\smile$	$l\ 9_\circ+1.4.+1.$ $r\ 0.8..+3_=$ $l\ 9_\circ+1.4.+1.\quad r\ 3_=$	$l\ 3_-+1.4.\quad r\ 0.8..+1_\smile$ $l\ 3_-+1.4.\quad r\ 1_\smile$	$l\ 9_\circ+1.4.+1.$ $r\ 0.8..+3_=$ $l\ 9_\circ+1.4.+1.\quad r\ 3_=$

Anfang $\vartheta_o = 9.12$ $b = 760.48$ $\vartheta_u = 8.87$
Ende $\vartheta_o = 9.12$ $b = 760.42$ $\vartheta_u = 8.88$

6. Juli 1895. Anfangsstellung $\frac{Sd \mid Ho}{Hm \mid Sm}$

I	II	III	IV	V
484.7 503.7 485.6[1]	477.4 503.0 478.2	476.7 504.9 478.0	475.1 505.9 476.6	476.8 503.1 478.0
531.8 505.0 531.8	532.8 503.6 532.6	534.2 504.3 534.2	533.0 504.9 532.9	534.5 502.1 534.4
475.2 504.1 476.2	480.4 502.9 481.1	475.0 505.7 476.1	478.0 503.0 478.9	481.1 502.9 482.1
533.9 503.7 533.9	534.8 503.0 534.6	535.1 503.9 535.0	535.0 503.1 534.9	536.1 503.3 536.0
1) $l\,3_{-}+1.$ $r\,0$ 2) 3) $l\,3_{-}+0.8_{0}$ $r\,0$ 3) 4) $l\,3_{-}+0.8_{0}+1.$ $r\,0$	$l\,9_{0}+1.4.$ $r\,1_{\cup}+3_{=}$ $l\,9_{0}+1.4.+1.$ $r\,1_{\cup}+3_{=}$	$l\,3_{-}+0.8_{0}$ $r\,0$ $l\,3_{-}+0.8_{0}+1.$ $r\,0$	$l\,9_{0}+1.4.$ $r\,1_{\cup}+3_{=}$ $l\,9_{0}+1.4.+1.$ $r\,1_{\cup}+3_{=}$	$l\,3_{-}+0.8_{0}$ $r\,0$ $l\,3_{-}+0.8_{0}+1.$ $r\,0$

Anfang $\vartheta_o = 9^\circ.16$ $b = 762.40$ $\vartheta_u = 8^\circ.94$
Ende $\vartheta_o = 9.17$ $b = 762.37$ $\vartheta_u = 8.95$

[1] Zu transformiren um $0^{\mathrm{mg}}.2 = -5.6$ Sc. th.

---

10. Juli 1895. Anfangsstellung $\frac{Hm \mid Sm}{Sd \mid Ho}$

I	II	III	IV	V
478.0 503.1 478.9	475.2 503.1 476.4	478.0 503.9 479.1	473.9 503.0 475.0	474.7 505.0 476.0
521.4 503.6 521.6	520.0 503.2 520.2	521.8 503.9 522.0	519.8 503.9 520.0	498.0 527.9 499.2
478.1 503.0 479.0	476.9 504.0 478.0	480.1 503.6 481.0	476.9 502.8 477.8	478.8 502.9 479.5
523.0 503.7 523.0	522.0 504.1 522.1	522.2 503.5 522.4	521.9 503.0 522.0	521.0 504.1 521.2
$l\,3_{-}+1.4.$ $r\,0.8..+1_{\cup}$ $l\,3_{-}+1.4.$ $r\,1_{\cup}$	$l\,9_{0}+1.4.+1.$ $r\,0.8..+3_{=}$ $l\,9_{0}+1.4.+1.$ $r\,3_{=}$	$l\,3_{-}+1.4.$ $r\,0.8..+1_{\cup}$ $l\,3_{-}+1.4.$ $r\,1_{\cup}$	$l\,9_{0}+1.4.+1.$ $r\,0.8..+3_{=}$ $l\,9_{0}+1.4.+1.$ $r\,3_{=}$	$l\,3_{-}+1.4.$ $r\,0.8..+1_{\cup}$ $l\,3_{-}+1.4.$ $r\,1_{\cup}$

Anfang $\vartheta_o = 9^\circ.19$ $b = 754.83$ $\vartheta_u = 8^\circ.99$
Ende $\vartheta_o = 9.20$ $b = 754.16$ $\vartheta_u = 9.00$

---

15. Juli 1895. Anfangsstellung $\frac{Ho \mid Sd}{Sm \mid Hm}$

I[1]	II[2]	III	IV	V
526.4 504.1 526.5	539.5 501.2 539.1	474.2 510.2 475.8	481.1 507.0 482.1	532.0 503.9 531.9
481.7 504.1 482.3	478.9 505.8 480.0	531.0 496.9 530.9	527.3 500.9 527.2	470.2 510.3 471.6
529.1 504.5 529.2	539.9 501.4 539.7	480.7 503.7 481.8	478.2 508.1 479.2	541.0 495.9 540.4
	480.3 504.2 481.3	533.0 498.0 533.0	543.5 486.0 543.0	
$l\,9_{0}+1.4.+0.8_{0}$ $r\,1_{\cup}+3_{=}$ $l\,9_{0}+1.4.$ $r\,1_{\cup}+3_{=}$	$l\,3_{-}+1.+0.8_{0}$ $r\,0$ $l\,3_{-}+0.8_{0}$ $r\,0$	$l\,9_{0}+1.4.$ $r\,1_{\cup}+3_{=}$ $l\,9_{0}+1.4.+0.8_{0}$ $r\,1_{\cup}+3_{=}$	$l\,3_{-}+0.8_{0}$ $r\,0$ $l\,3_{-}+1.4.+1.$ $r\,0.8..$	$l\,9_{0}+1.4.+0.8_{0}$ $r\,1_{\cup}+3_{=}$ $l\,9_{0}+1.4.$ $r\,1_{\cup}+3_{=}$

Anfang $\vartheta_o = 9^\circ.35$ $b = 754.26$ $\vartheta_u = 9^\circ.11$
Ende $\vartheta_o = 9.37$ $b = 754.51$ $\vartheta_u = 9.11$

[1] Wegen Nullpunktsverschiebung —0.1 zu corrigiren.

[2] Transformiren auf die Zulage IV durch Abzug von 2.79 Scalentheilen.

16. Juli 1895. Anfangsstellung $\frac{Hm}{Sd} \Big| \frac{Sm}{Ho}$

I	II	III	IV	V
477.1 503.0 478.3	474.7 503.0 476.0	478.1 504.0 479.3	477.0 503.9 478.2	478.0 504.3 479.3
523.1 503.6 523.3	526.6 502.2 526.7	525.0 502.8 525.5	522.0 503.0 522.2	528.2 500.0 528.2
480.3 502.6 481.1	477.7 503.6 478.7	484.8 502.8 485.3	476.1 504.1 477.3	481.5 502.0 482.4
522.1 503.1 522.2	521.7 503.0 521.8	526.0 502.9 526.0	499.1 526.0 500.8	527.5 502.2 527.5
l 3_{-}+1.4. r 0.8..+$1_{\cup}$	l $9_{\circ}$+1.4.+1.	l 3_{-}+1.4. r 0.8..+$1_{\cup}$	l $9_{\circ}$+1.4.+1.	l 3_{-}+1.4. r 0.8..+$1_{\cup}$
l 3_{-}+1.4. r $1_{\cup}$	r 0.8..+$3_{=}$	l 3_{-}+1.4. r 0.8..+$1_{\cup}$	r 0.8..+$3_{=}$	l 3_{-}+1.4. r $1_{\cup}$
	l $9_{\circ}$+1.4.+1. r $3_{=}$		l $9_{\circ}$+1.4.+1. r $3_{=}$	

Anfang $\vartheta_o = 9^{\circ}.39$ $b = 757.12$ $\vartheta_u = 9^{\circ}.17$
Ende $\vartheta_o = 9.41$ $b = 757.32$ $\vartheta_u = 9.18$

---

20. Juli 1895. Anfangsstellung $\frac{Ho}{Sm} \Big| \frac{Sd}{Hm}$

I	II	III	IV	V
524.5 504.2 524.8	521.6 503.1 521.8	522.9 504.0 523.1	523.0 503.3 523.2	526.9 503.0 527.1
480.6 502.9 481.4	481.4 502.6 482.4	482.0 502.5 482.8	483.0 504.2 483.9	483.0 503.9 483.8
524.9 503.7 525.0	525.9 501.6 526.0	526.8 503.2 526.8	527.0 503.9 527.0	528.9 503.2 528.8
482.1 502.7 483.0	483.5 502.2 484.3	478.6 506.0 479.7	482.2 503.0 483.0	
l $9_{\circ}$+1.4.+$0.8_{\circ}$	l 3_{-}+1.4.+1. r 0.8..	l $9_{\circ}$+1.4.+$0.8_{\circ}$	l 3_{-}+1.4.+1. r 0.8..	l $9_{\circ}$+1.4.+$0.8_{\circ}$
r $1_{\cup}$+$3_{=}$	l 3_{-}+$0.8_{\circ}$ r 0	r $1_{\cup}$+$3_{=}$	l 3_{-}+$0.8_{\circ}$ r 0	r $1_{\cup}$+$3_{=}$
l $9_{\circ}$+1.4. r $1_{\cup}$+$3_{=}$		l $9_{\circ}$+1.4. r $1_{\cup}$+$3_{=}$		l $9_{\circ}$+1.4. r $1_{\cup}$+$3_{=}$

Anfang $\vartheta_o = 9^{\circ}.47$ $b = 757.45$ $\vartheta_u = 9^{\circ}.26$
Ende $\vartheta_o = 9.49$ $b = 757.12$ $\vartheta_u = 9.26$

---

22. Juli 1895. Anfangsstellung $\frac{Sm}{Ho} \Big| \frac{Hm}{Sd}$

I	II	III	IV	V
473.4 503.0 474.3	468.5 505.0 469.9	472.1 504.2 473.5	473.2 502.8 474.5	467.0 507.1 468.5
517.1 504.0 517.4	517.8 504.0 518.1	519.1 502.5 519.2	521.0 502.2 521.1	517.1 503.6 517.3
472.1 503.0 473.1	475.0 503.8 476.0	475.9 502.6 476.7	474.0 503.0 474.9	475.2 502.9 476.0
513.9 503.7 514.1	522.2 504.0 522.4	519.9 503.9 520.1	525.1 503.2 525.1	520.0 503.0 520.2
l $9_{\circ}$+1.4. r $3_{=}$	l 1.4.+1. r 0	l $9_{\circ}$+1.4. r $3_{=}$	l 1.4.+1. r 0	l $9_{\circ}$+1.4. r $3_{=}$
l $9_{\circ}$+1.4.+$0.8_{\circ}$ r $3_{=}$	l 1.4.+1.+$0.8_{\circ}$ r 0	l $9_{\circ}$+1.4.+$0.8_{\circ}$ r $3_{=}$	l 1.4.+1.+$0.8_{\circ}$ r 0	l $9_{\circ}$+1.4.+$0.8_{\circ}$ r $3_{=}$

Anfang $\vartheta_o = 9^{\circ}.56$ $b = 751.74$ $\vartheta_u = 9^{\circ}.30$
Ende $\vartheta_o = 9.57$ $b = 752.02$ $\vartheta_u = 9.30$

25. Juli 1895. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Ho} \Big| \frac{Hm}{Sm}$

I[1]	II	III	IV	V
476.0 505.0 477.0	476.0 502.9 476.9	524.4 503.8 524.5	521.0 503.2 521.2	523.6 503.1 523.9
523.1 502.5 523.2	520.1 503.7 520.2	480.9 503.1 481.6	478.5 502.4 479.1	479.5 503.7 480.4
482.0 503.2 482.9	477.0 503.5 478.0	525.5 502.0 525.4	522.0 503.6 522.1	526.8 501.8 526.6
525.4 503.0 525.4	521.5 503.8 521.6	480.2 503.1 481.0	477.8 503.1 478.6	
$l\ 9_0$+1.4.+0.8$_0$ $r\ 3_=$	$l\ 3_-$ r 1.4..	$l\ 9_0$ r 0	$l\ 3_-$+0.8$_0$ r 1.4..	$l\ 9_0$ r 0
$l\ 9_0$ r 0	$l\ 3_-$+0.8$_0$ r 1.4..	$l\ 9_0$+1.4.+0.8$_0$ $r\ 3_=$	$l\ 3_-$ r 1.4..	$l\ 9_0$+1.4.+0.8$_0$ $r\ 3_=$

Anfang $\vartheta_o = 9^\circ.66$ $b = 759.42$ $\vartheta_u = 9^\circ.38$
Ende $\vartheta_o = 9.67$ $b = 759.68$ $\vartheta_u = 9.39$

[1] Wegen Nullpunktsverschiebung +0.1 zu corrigiren.

---

27. Juli 1895. Anfangsstellung $\frac{Sm}{Hm} \Big| \frac{Ho}{Sd}$

I	II	III	IV	V
516.9 503.1 517.0	519.9 497.0 520.0	476.0 503.0 477.0	470.9 503.0 472.0	479.0 503.0 480.1
474.7 502.8 475.6	471.0 503.8 472.0	523.5 501.0 523.5	516.9 503.4 517.0	520.4 503.6 520.7
520.5 502.2 520.5	519.0 503.3 519.1	480.8 502.7 481.5	471.2 503.9 472.1	480.8 502.6 481.8
474.0 503.0 475.0	474.5 502.2 475.4	519.2 503.4 519.3	520.0 500.9 520.1	
$l\ 3_-$+1.4. r 0.8..	$l\ 9_0$ r 1.4..	$l\ 3_-$+0.8$_0$ $r\ 1_\cup$	$l\ 9_0$ r 1.4..+0.8..	$l\ 3_-$+0.8$_0$ $r\ 1_\cup$
$l\ 3_-$+0.8$_0$ $r\ 1_\cup$	$l\ 9_0$ r 1.4..+0.8..	$l\ 3_-$+1.4. r 0.8..	$l\ 9_0$ r 1.4..	$l\ 3_-$+1.4. r 0.8..

Anfang $\vartheta_o = 9^\circ.77$ $b = 754.23$ $\vartheta_u = 9^\circ.48$
Ende $\vartheta_o = 9.80$ $b = 754.86$ $\vartheta_u = 9.48$

---

30. Juli 1895. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Ho} \Big| \frac{Hm}{Sm}$

I	II	III	IV	V
484.0 503.3 485.0	479.1 503.1 480.6	479.9 503.1 481.0	478.4 504.4 479.2	481.1 503.3 482.0
528.8 503.0 528.8	521.0 504.0 521.0	526.9 503.2 527.0	524.0 503.5 524.1	527.0 503.2 527.0
480.1 506.5 481.0	480.0 502.9 480.9	480.4 506.8 481.5	479.8 506.0 480.8	482.2 503.6 483.0
525.8 503.9 525.8	526.5 502.0 526.5	527.1 503.2 527.0	524.7 503.9 524.7	530.1 499.5 529.9
$l\ 9_0$ r 0.8..	$l\ 3_-$+0.8$_0$	$l\ 9_0$ r 0.8..	$l\ 3_-$+0.8$_0$	$l\ 9_0$ r 0.8..
$l\ 9_0$ r 0	r 1.4..+0.8..	$l\ 9_0$ r 0	r 1.4..+0.8..	$l\ 9_0$ r 0
	$l\ 3_-$+0.8$_0$ r 1.4..		$l\ 3_-$+0.8$_0$ r 1.4..	

Anfang $\vartheta_o = 9^\circ.97$ $b = 758.62$ $\vartheta_u = 9^\circ.60$
Ende $\vartheta_o = 9.98$ $b = 758.97$ $\vartheta_u = 9.60$

1. August 1895. Anfangsstellung $\frac{Sm \mid Ho}{Hm \mid Sd}$

I			II			III			IV		
472.0	501.1	472.6	517.0	504.0	517.1	513.0	498.8	513.4	518.0	503.2	518.1
517.2	502.5	517.2	474.0	502.8	474.8	467.5	503.0	468.5	475.9	502.8	476.8
473.5	503.1	474.4	521.1	503.1	521.0	512.8	502.0	512.9	522.9	501.0	522.8
509.0	503.6	509.0	474.0	503.1	474.9	467.0	502.2	467.9			
$l\ 3_{-}+1.$		$r\ 1.4_{..}$	$l\ 9_{\circ}+0.8_{\circ}$		$r\ 0.8_{..}+1.4_{..}$	$l\ 3_{-}+1.+0.8_{\circ}$		$r\ 1.4_{..}$	$l\ 9_{\circ}+0.8_{\circ}$		$r\ 0.8_{..}+1.4_{..}$
$l\ 3_{-}+1.+0.8_{\circ}$		$r\ 1.4_{..}$	$l\ 9_{\circ}$		$r\ 0.8_{..}+1.4_{..}$	$l\ 3_{-}+1.$		$r\ 1.4_{..}$	$l\ 9_{\circ}$		$r\ 0.8_{..}+1.4_{..}$

Anfang $\vartheta_o = 10.^\circ 03$ $b = 756.28$ $\vartheta_u = 9.^\circ 68$
Ende $\vartheta_o = 10.05$ $b = 756.39$ $\vartheta_u = 9.68$

---

14. October 1895. Anfangsstellung $\frac{Ho \mid Sm}{Sd \mid Hm}$

I			II			III			IV			V		
527.0	504.6	527.0	527.0	502.8	527.0	488.0	504.1	489.0	487.3	503.2	488.3	488.8	504.3	490.0
482.5	504.8	483.4	486.4	503.5	487.3	532.6	503.9	532.2	532.1	504.0	531.9	532.5	504.6	532.4
527.1	504.5	527.0	529.9	504.3	529.9	490.1	504.0	490.9	491.5	503.1	492.0	493.3	503.0	494.0
486.1	503.8	487.0	489.5	503.2	490.1	531.7	504.8	531.3	534.7	504.4	534.2	531.8	504.5	531.7
$l\ 9_{\circ}$	$r\ 1_{\cup}$		$l\ 3_{-}+1.$	$r\ 0$		$l\ 9_{\circ}$	$r\ 1_{\cup}+0.8_{..}$		$l\ 3_{-}+1.$	$r\ 0.8_{..}$		$l\ 9_{\circ}$	$r\ 1_{\cup}+0.8_{..}$	
$l\ 9_{\circ}$	$r\ 1_{\cup}+0.8_{..}$		$l\ 3_{-}+1.$	$r\ 0.8_{..}$		$l\ 9_{\circ}$	$r\ 1_{\cup}$		$l\ 3_{-}+1.$	$r\ 0$		$l\ 9_{\circ}$	$r\ 1_{\cup}$	

Anfang $\vartheta_o = 11.^\circ 11$ $b = 759.70$ $\vartheta_u = 10.^\circ 86$
Ende $\vartheta_o = 11.10$ $b = 759.48$ $\vartheta_u = 10.86$

---

15. October 1895. Anfangsstellung $\frac{Hm \mid Sd}{Sm \mid Ho}$

I			II			III			IV			V		
469.3	503.7	470.6	479.0	503.1	480.1	470.0	503.4	471.3	533.4	504.8	533.8	522.0	505.0	522.7
523.5	504.0	523.5	532.3	504.6	532.1	526.0	503.2	526.0	481.5	503.0	482.5	474.0	503.6	475.0
473.0	502.9	474.1	483.0	502.8	483.5	473.4	503.0	474.2	536.2	504.4	535.9	527.0	503.5	526.8
525.9	503.9	525.8	533.7	504.3	533.2	527.0	503.9	527.0	484.7	503.6	485.4	472.7	503.1	473 5
						473.8	502.9	474.6						
$l\ 3_{-}$	$r\ 1.4_{..}$		$l\ 9_{\circ}$	$r\ 0.8_{..}$		$l\ 3_{-}$	$r\ 1.4_{..}$		$l\ 9_{\circ}+1.$	$r\ 0.8_{..}$		$l\ 3_{-}+1.$	$r\ 1.4_{..}$	
$l\ 3_{-}+1.$	$r\ 1.4_{..}$		$l\ 9_{\circ}+1.$	$r\ 0.8_{..}$		$l\ 3_{-}+1.$	$r\ 1.4_{..}$		$l\ 9_{\circ}$	$r\ 0.8_{..}$		$l\ 3_{-}$	$r\ 1.4_{..}$	

Anfang $\vartheta_o = 11.^\circ 10$ $b = 761.17$ $\vartheta_u = 10.^\circ 87$
Ende $\vartheta_o = 11.10$ $b = 760.61$ $\vartheta_u = 10.87$

18. October 1895. Anfangsstellung $\frac{Ho}{Sd}\Big|\frac{Sm}{Hm}$

I	II[1]	III	IV[2]	V[3]
530.2 501.9 530.1	480.0 507.2 481.2	478.0 508.0 479.2	527.3 503.7 527.2	534.0 499.8 533.9
482.0 505.2 483.0	528.5 503.7 528.3	535.7 498.2 535.1	486.3 505.1 487.2	485.0 507.2 485.7
532.0 501.7 531.7	483.3 506.0 484.3	471.3 519.8 473.2	530.6 501.8 530.1	536.2 500.0 535.8
	530.7 503.3 530.2	533.3 502.5 533.0	484.5 504.3 485.1	
$l\ 9_\circ+0.8_\circ$ $r\ 1_\cup+0.8_{..}$	$l\ 3_{-}+1.$ $r\ 0.8_{..}$	$l\ 9_\circ$ $r\ 1_\cup+0.8_{..}$	$l\ 3_{-}+1.+0.8_\circ$ $r\ 0.8_{..}$	$l\ 9_\circ+0.8_\circ$ $r\ 1_\cup+0.8_{..}$
$l\ 9_\circ$ $r\ 1_\cup+0.8_{..}$	$l\ 3_{-}+1.+0.8_\circ$ $r\ 0.8_{..}$	$l\ 9_\circ+0.8_\circ$ $r\ 1_\cup+0.8_{..}$	$l\ 3_{-}+1.$ $r\ 0.8_{..}$	$l\ 9_\circ$ $r\ 1_\cup+0.8_{..}$

Anfang $\vartheta_o = 10.^\circ77$ $b = 770.90$ $\vartheta_u = 10.^\circ70$
Ende $\vartheta_o = 10.76$ $\vartheta_u = 10.68$

[1] wegen Nullpunktsverschieb. +0.1 zu corr. [2] dgl. −0.2 zu corr. [3] dgl. −0.4 zu corr.

---

22. October 1895. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Ho}\Big|\frac{Hm}{Sm}$

I[1]	II	III[2]	IV[3]	V[4]
528.9 504.6 528.8	523.2 503.8 523.3	520.8 504.0 520.9	524.1 504.3 524.1	524.0 503.5 524.0
485.4 503.7 486.0	478.0 503.3 478.6	476.9 503.0 477.6	482.0 502.9 482.8	480.9 503.0 481.5
530.4 504.5 530.1	529.4 499.1 529.0	523.8 504.0 523.7	523.8 504.0 523.6	523.6 504.2 523.5
487.8 503.6 488.2	481.2 503.0 482.0	478.1 503.0 479.0	481.5 503.0 482.2	479.8 503.1 480.4
$l\ 9_\circ+1.+0.8_\circ$ $r\ 1.4_{..}$	$l\ 3_{-}+0.8_\circ$ $r\ 1_\cup$	$l\ 9_\circ+1.4.+1.+0.8_\circ$	$l\ 3_{-}+0.8_\circ$ $r\ 1_\cup$	$l\ 9_\circ+1.4.+1.+0.8_\circ$
$l\ 9_\circ+1.$ $r\ 1.4_{..}$	$l\ 3_{-}$ $r\ 1_\cup$	$r\ 3_{=}$	$l\ 3_{-}$ $r\ 1_\cup$	$r\ 3_{=}$
		$l\ 9_\circ+1.4.+1.$ $r\ 3_{=}$		$l\ 9_\circ+1.4.+1.$ $r\ 3_{=}$

Anfang $\vartheta_o = 10.^\circ43$ $b = 755.13$ $\vartheta_u = 10.^\circ47$
Ende $\vartheta_o = 10.42$ $b = 753.41$ $\vartheta_u = 10.47$

[1] Transformirt auf die Aeq. III durch −5.6 Scalentheile. [2] und [3] wegen Nullpunktsverschiebung −0.1 zu corrigiren. [4] dgl. −0.2 zu corr.

---

28. October 1895. Anfangsstellung $\frac{Sm}{Hm}\Big|\frac{Ho}{Sd}$

I[1]	II	III[2]	IV	V[3]
520.0 503.8 520.1	525.1 504.1 525.2	519.0 504.3 519.2	525.1 504.0 525.1	520.6 504.0 520.6
477.3 502.5 478.1	480.8 504.1 481.8	479.9 503.3 480.8	478.6 504.1 479.5	479.1 503.7 479.8
520.0 503.9 520.1	528.1 504.3 528.0	522.8 504.2 522.8	525.8 503.8 525.7	521.8 503.9 521.7
478.0 503.2 478.8	484.3 502.8 484.9	481.8 503.0 482.5	482.0 503.4 482.8	481.2 504.0 481.9
$l\ 3_{-}+1.4.+0.8_\circ$ $r\ 1_\cup$	$l\ 9_\circ+1.4.+0.8_\circ$ $r\ 3_{=}$	$l\ 3_{-}+1.4.+0.8_\circ$ $r\ 1_\cup$	$l\ 9_\circ+1.4.+0.8_\circ$ $r\ 3_{=}$	$l\ 3_{-}+1.4.+0.8_\circ$ $r\ 1_\cup$
$l\ 3_{-}+1.4.$ $r\ 1_\cup$	$l\ 9_\circ+1.4.$ $r\ 3_{=}$	$l\ 3_{-}+1.4.$ $r\ 1_\cup$	$l\ 9_\circ+1.4.$ $r\ 3_{=}$	$l\ 3_{-}+1.4.$ $r\ 1_\cup$

Anfang $\vartheta_o = 9.^\circ98$ $b = 756.24$ $\vartheta_u = 10.^\circ10$
Ende $\vartheta_o = 9.97$ $b = 756.11$ $\vartheta_u = 10.10$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung +0.6 zu corr. [2] dgl. −0.1 zu corr. [3] dgl. −0.2 zu corr.

29. October 1895. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Ho} \Big| \frac{Hm}{Sm}$

I			II			III			IV		
473.9	503.1	475.0	481.4	504.5	482.1	477.0	502.8	478.1	482.0	504.0	482.8
526.9	498.3	526.6	527.5	503.7	527.4	523.7	504.0	523.7	531.2	502.8	531.0
478.0	503.1	479.0	483.5	503.8	484.2	480.4	503.0	481.1	482.0	503.5	482.7
525.1	503.7	525.1	525.9	504.0	525.7	525.2	504.0	525.1	528.9	502.0	528.8
$l\ 9_{\circ}+1.$ $l\ 9_{\circ}+1.+0.8_{\circ}$		r 1.4.. r 1.4..	$l\ 3_{-}$ $l\ 3_{-}+0.8_{\circ}$		r 0.8.. r 0.8..	$l\ 9_{\circ}+1.$ $l\ 9_{\circ}+1.+0.8_{\circ}$		r 1.4.. r 1.4..	$l\ 3_{-}$ $l\ 3_{-}+0.8_{\circ}$		r 0.8.. r 0.8..

Anfang $\vartheta_o = 9.^{\circ}94$ $b = 758.35$ $\vartheta_u = 10.^{\circ}07$
Ende $\vartheta_o = 9.93$ $b = 758.31$ $\vartheta_u = 10.06$

---

25. November 1895. Anfangsstellung $\frac{Hm}{Sm} \Big| \frac{Sp}{Ho}$

I[1]			II[2]			III			IV			V		
518.5	502.7	518.6	493.9	530.1	494.8	518.2	504.4	518.3	518.1	504.5	518.4	516.0	504.9	516.5
474.5	502.8	475.6	473.8	503.2	474.7	478.0	502.8	478.9	473.1	504.1	474.1	472.8	504.0	473.8
516.7	504.2	516.8	519.0	503.8	519.0	517.9	504.0	517.9	520.9	504.2	521.0	520.1	503.9	520.0
473.0	503.2	474.0	476.5	502.5	477.2	475.6	502.4	476.5	477.0	503.0	477.9	476.1	504.0	477.0
$l\ 3_{-}+1.4.$ $l\ 3_{-}+1.4.$		r 0 r 0.8..	$l\ 9_{\circ}+1.+0.8_{\circ}$ $l\ 9_{\circ}+1.+0.8_{\circ}$		$r\ 3_{=}$ $r\ 3_{=}+0.8..$	$l\ 3_{-}+1.4.$ $l\ 3_{-}+1.4.$		r 0 r 0.8..	$l\ 9_{\circ}+1.+0.8_{\circ}$ $l\ 9_{\circ}+1.+0.8_{\circ}$		$r\ 3_{=}$ $r\ 3_{=}+0.8..$	$l\ 3_{-}+1.4.$ $l\ 3_{-}+1.4.$		r 0 r 0.8..

Anfang $\vartheta_o = 9.^{\circ}75$ $b = 769.39$ $\vartheta_u = 9.^{\circ}80$
Ende $\vartheta_o = 9.74$ $b = 768.76$ $\vartheta_u = 9.80$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung +0.1 zu corrigiren. [2] dgl. +0.2 zu corr.

---

28. November 1895. Anfangsstellung $\frac{Ho}{Sp} \Big| \frac{Sm}{Hm}$

I			II			III			IV			V		
527.0	503.8	527.0	533.0	504.6	532.7[1]	527.0	504.6	527.1	518.8	504.0	519.1	528.2	504.2	528.5
481.4	503.6	482.2	489.3	503.1	489.9[2]	481.1	505.1	482.0	478.0	502.8	479.0	485.0	503.0	485.8
527.8	504.5	527.7	521.6	504.0	521.6	528.8	504.0	528.5	521.8	503.5	521.8	530.1	504.1	530.1
482.8	503.0	483.3	474.5	503.0	475.3	480.5	503.1	481.2	477.0	502.7	477.9	484.2	503.2	484.9
$l\ 9_{\circ}+0.8_{\circ}$ $l\ 9_{\circ}$		$r\ 3_{=}$ $r\ 3_{=}$	1) $l\ 9_{\circ}+0.8_{\circ}$ $r\ 3_{=}+0.8..$ 2) $l\ 9_{\circ}$ $r\ 3_{=}+0.8..$ 3) $l\ 9_{\circ}+0.8_{\circ}$ $r\ 3_{=}+1_{\smile}$ 4) $l\ 9_{\circ}$ $r\ 3_{=}+1_{\smile}$			$l\ 9_{\circ}+0.8_{\circ}$ $l\ 9_{\circ}$		$r\ 3_{=}$ $r\ 3_{=}$	$l\ 9_{\circ}+0.8_{\circ}$ $l\ 9_{\circ}$		$r\ 3_{=}+1_{\smile}$ $r\ 3_{=}+1_{\smile}$	$l\ 9_{\circ}+0.8_{\circ}$ $l\ 9_{\circ}$		$r\ 3_{=}$ $r\ 3_{=}$

Anfang $\vartheta_o = 9.^{\circ}36$ $b = 763.34$ $\vartheta_u = 9.^{\circ}56$
Ende $\vartheta_o = 9.35$ $b = 763.61$ $\vartheta_u = 9.56$

[1] und [2] transformirt durch −5.99 auf Aequilibr. 3) und 4).

29. November 1895. Anfangsstellung $\frac{Hm}{Sm}\Big|\frac{Sp}{Ho}$

I			II			III			IV			V		
465.8	502.9	467.0	472.0	502.6	473.0	469.4	504.1	471.0	468.6	503.2	470.2	468.2	504.4	469.9
520.0	503.2	520.0	527.5	504.0	527.3	525.9	504.0	526.0	526.7	503.0	526.6	530.9	501.7	531.0
470.5	502.7	471.6	471.4	502.5	472.3	472.2	502.4	473.1	473.5	503.8	474.7	472.0	503.0	473.0
524.2	503.9	524.1	521.0	503.7	521.0	529.0	502.5	528.9	529.8	503.1	529.2	526.4	504.0	526.2
			468.5	502.5	469.7									
$l\ 3_-+1.4.$		$r\ 0.8..$	$l\ 9_\circ+1.$		$r\ 3_=$	$l\ 3_-+1.4.$		$r\ 0.8..$	$l\ 9_\circ+1.$		$r\ 3_=$	$l\ 3_-+1.4.$		$r\ 0.8..$
$l\ 3_-+1.4.+1.$		$r\ 0.8..$	$l\ 9_\circ$		$r\ 1_\cup$	$l\ 3_-+1.4.+1.$		$r\ 0.8..$	$l\ 9_\circ$		$r\ 1_\cup$	$l\ 3_-+1.4.+1.$		$r\ 0.8..$

Anfang $\vartheta_o = 9^\circ\!.37$ $b = 765.41$ $\vartheta_u = 9^\circ\!.55$
Ende $\vartheta_o = 9.37$ $b = 764.73$ $\vartheta_u = 9.56$

---

3. December 1895. Anfangsstellung $\frac{Ho}{Sp}\Big|\frac{Sm}{Hm}$

I			II			III			IV			V		
479.1	503.1	480.1	483.0	501.7	483.9	480.8	503.1	481.8	485.7	504.5	486.7	483.0	503.2	483.8
524.7	503.9	524.7	535.4	504.1	535.2	527.8	504.0	527.6	530.0	503.9	529.8	529.6	504.0	529.4
477.9	503.4	478.8	482.9	503.0	483.5	482.0	502.8	482.8	486.1	502.5	487.0	482.2	505.0	483.1
525.0	504.2	525.0	529.0	504.1	529.0	529.7	504.1	529.4	532.0	504.0	531.9	531.0	502.8	530.6
$l\ 9_\circ$		$r\ 3_=$	$l\ 9_\circ$		$r\ 0.8..+3_=$	$l\ 9_\circ$		$r\ 3_=$	$l\ 9_\circ$		$r\ 0.8..+3_=$	$l\ 9_\circ$		$r\ 3_=$
$l\ 9_\circ+0.8_\circ$		$r\ 3_=$	$l\ 9_\circ+0.8_\circ$		$r\ 0.8..+3_=$	$l\ 9_\circ+0.8_\circ$		$r\ 3_=$	$l\ 9_\circ+0.8_\circ$		$r\ 0.8..+3_=$	$l\ 9_\circ+0.8_\circ$		$r\ 3_=$

Anfang $\vartheta_o = 9^\circ\!.08$ $b = 761.45$ $\vartheta_u = 9^\circ\!.28$.
Ende $\vartheta_o = 9.08$ $b = 760.17$ $\vartheta_u = 9.28$

---

7. December 1895. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Ho}\Big|\frac{Hm}{Sm}$

I[1]			II[1]			III			IV			V		
472.8	506.7	474.0	470.5	507.8	472.1	496.3	527.5	497.3	521.2	502.0	521.2	479.2	504.0	480.1
524.7	502.2	524.6	516.2	503.1	516.7	480.9	503.6	481.7	474.9	503.7	475.9	526.5	502.3	526.3
479.2	503.2	479.8	470.2	507.5	471.5	524.2	503.5	524.0	523.0	501.9	523.0	477.2	506.3	478.3
			515.7	503.7	515.7	477.0	504.3	477.8	472.3	506.3	473.5			
$l\ 9_\circ$	$r\ 1_\cup+0.8..$		$l\ 3_-+1.4.+0.8_\circ$			$l\ 9_\circ$	$r\ 1_\cup$		$l\ 3_-+1.4.+1.$		$r\ 0.8..$	$l\ 9_\circ$	$r\ 1_\cup+0.8..$	
$l\ 9_\circ$	$r\ 1_\cup$				$r\ 1.4..$	$l\ 9_\circ$	$r\ 1_\cup+0.8..$		$l\ 3_-+1.4.+0.8_\circ$			$l\ .9_\circ$	$r\ 1_\cup$	
			$l\ 3_-+1.4.+1.$		$r\ 0.8..$						$r\ 1.4..$			

Anfang $\vartheta_o = 9^\circ\!.05$ $b = 729.69$ $\vartheta_u = 9.20$
Ende $\vartheta_o = 9.06$ $b = 730.87$ $\vartheta_u = 9.20$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung +0.1 zu corr.

12. December 1895. Anfangsstellung $\frac{Sm \mid Ho}{Hm \mid Sp}$

I[1]	II	II	IV	V
485.5 542.7 487.0	507.6 517.3 508.1	517.2 503.2 517.4	526.2 504.1 526.5	517.1 502.1 517.4
483.2 502.8 484.1	480.1 503.0 481.0	474.6 501.6 475.3	481.2 502.2 482.0	474.0 502.2 475.0
526.9 503.3 526.8	525.0 503.6 525.0	518.8 503.2 518.8	528.8 503.9 528.6	522.7 500.0 522.6
491.8 503.0 492.2	475.5 502.7 476.4	473.0 502.0 473.8	482.8 502.8 483.5	478.2 502.0 479.0
$l\ 9_{\circ}$ $r\ 3_{=}$ $l\ 9_{\circ}$ $r\ 3_{=}+0.8_{..}$	$l\ 9_{\circ}+0.8_{\circ}$ $r\ 3_{=}$ $l\ 9_{\circ}$ $r\ 3_{=}$	$l\ 9_{\circ}+0.8_{\circ}$ $r\ 1_{\cup}+3_{=}$ $l\ 9_{\circ}$ $r\ 1_{\cup}+3_{=}$	$l\ 9_{\circ}+0.8_{\circ}$ $r\ 3_{=}$ $l\ 9_{\circ}$ $r\ 3_{=}$	$l\ 9_{\circ}+0.8_{\circ}$ $r\ 1_{\cup}+3_{=}$ $l\ 9_{\circ}$ $r\ 1_{\cup}+3_{=}$

Anfang $\vartheta_o = 8^{\circ}97$ $b = 759.40$ $\vartheta_u = 9^{\circ}13$
Ende $\vartheta_o = 8.96$ $b = 757.88$ $\vartheta_u = 9.13$

[1] Transformirt auf d. Zulage III durch -5.5.

13. December 1895. Anfangsstellung $\frac{Sp \mid Hm}{Ho \mid Sm}$

I	II	III	IV	V
475.5 503.0 476.6	475.1 503.7 476.5	477.1 502.6 478.2	474.6 503.0 475.7	479.2 502.6 480.1
524.0 499.9 523.9	520.9 503.1 521.0	522.9 503.7 522.9	519.6 504.8 519.8	524.9 503.5 524.8
479.7 502.0 480.3	476.0 502.9 477.1	476.0 502.9 477.0	475.7 503.1 476.5	480.2 502.9 481.0
524.4 502.8 524.2	520.0 503.0 520.0	524.9 502.9 524.8	523.0 504.0 522.8	525.2 502.9 525.0
$l\ 9_{\circ}$ $r\ 0.8_{..}+1_{\cup}$ $l\ 9_{\circ}$ $r\ 1_{\cup}$	$l\ 3_{-}+0.8_{\circ}$ $r\ 0$ $l\ 3_{-}+1.4.+1.$ $r\ 0.8_{..}$	$l\ 9_{\circ}$ $r\ 0.8_{..}+1_{\cup}$ $l\ 9_{\circ}$ $r\ 1_{\cup}$	$l\ 3_{-}+0.8_{\circ}$ $r\ 0$ $l\ 3_{-}+1.4.+1.$ $r\ 0.8_{..}$	$l\ 9_{\circ}$ $r\ 0.8_{..}+1_{\cup}$ $l\ 9_{\circ}$ $r\ 1_{\cup}$

Anfang $\vartheta_o = 8^{\circ}97$ $b = 738.42$ $\vartheta_u = 9^{\circ}13$
Ende $\vartheta_o = 8.97$ $b = 737.71$ $\vartheta_u = 9.13$

21. Januar 1896. Anfangsstellung $\frac{Sd \mid Ho}{Hm \mid Sp}$

I	II	III	IV
477.0 504.7 478.0	473.8 504.0 475.0	479.2 503.8 480.2	475.4 504.1 476.8
498.9 527.3 500.5	522.0 505.9 521.9	529.9 505.1 529.8	521.1 505.0 521.2
477.3 504.1 478.3	475.4 504.7 476.4	481.7 504.6 482.6	475.4 504.6 476.3
523.9 505.9 524.0	523.8 505.0 523.9	527.0 505.2 527.0	522.7 504.0 522.7
$l\ 9_{\circ}+1.$ $r\ 1.4_{..}+3_{=}$ $l\ 9_{\circ}+1.+0.8_{\circ}$ $r\ 1.4_{..}+3_{=}$	$l\ 9_{\circ}$ $r\ 0.8_{..}+1_{\cup}+1.4_{..}$ $l\ 9_{\circ}+0.8_{\circ}$ $r\ 0.8_{..}+1_{\cup}+1.4_{..}$	$l\ 9_{\circ}+1.$ $r\ 1.4_{..}+3_{=}$ $l\ 9_{\circ}+1.+0.8_{\circ}$ $r\ 1.4_{..}+3_{=}$	$l\ 9_{\circ}$ $r\ 0.8_{..}+1_{\cup}+1.4_{..}$ $l\ 9_{\circ}+0.8_{\circ}$ $r\ 0.8_{..}+1_{\cup}+1.4_{..}$

Anfang $\vartheta_o = 7^{\circ}40$ $b = 773.31$ $\vartheta_u = 7^{\circ}68$
Ende $\vartheta_o = 7.42$ $b = 772.40$ $\vartheta_u = 7.68$

24. Januar 1896. Anfangsstellung $\frac{Sp \mid Hm}{Ho \mid Sd}$

I[1]	II	III	IV	V
525.7 504.0 525.6	530.6 504.2 530.4	529.8 503.9 529.8	530.8 504.0 530.6	527.6 503.9 527.7
479.4 502.8 480.3	486.4 502.8 487.1	482.0 503.0 483.0	485.6 502.9 486.3	483.0 502.6 483.8
526.9 504.0 526.9	531.8 503.9 531.5	526.7 503.9 526.4	533.9 503.1 533.6	529.9 503.4 529.7
480.9 502.8 481.9	484.8 505.0 485.4	482.2 502.9 483.1	486.4 503.8 487.2	481.9 503.0 482.7
$l\ 9_\circ$ $r\ 1_\cup$ $l\ 9_\circ$ $r\ 1_\cup + 0.8..$	$l\ 3_- + 1.4. + 0.8_\circ$ $r\ 0$ $l\ 3_- + 1.4. + 0.8_\circ$ $r\ 0.8..$	$l\ 9_\circ$ $r\ 1_\cup$ $l\ 9_\circ$ $r\ 1_\cup + 0.8..$	$l\ 3_- + 1.4. + 0.8_\circ$ $r\ 0$ $l\ 3_- + 1.4. + 0.8_\circ$ $r\ 0.8..$	$l\ 9_\circ$ $r\ 1_\cup$ $l\ 9_\circ$ $r\ 1_\cup + 0.8..$

Anfang $\vartheta_o = 7^\circ.42$ $b = 768.31$ $\vartheta_u = 7^\circ.68$
Ende $\vartheta_o = 7.41$ $b = 767.86$ $\vartheta_u = 7.68$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung +0.1 zu corrigiren.

---

28. Januar 1896. Anfangsstellung $\frac{Sd \mid Ho}{Hm \mid Sp}$

I	II	III	IV	V
475.1 502.7 476.0	474.0 502.7 475.1	477.4 502.2 478.3	474.6 502.3 475.7	476.5 502.5 477.5
522.9 504.0 522.9	519.6 504.1 519.6	526.0 503.0 525.9	517.8 503.2 517.8	526.0 503.0 525.8
479.0 502.6 479.9	477.0 502.2 477.9	476.6 502.4 477.3	474.8 502.4 475.8	477.9 502.1 478.7
525.2 503.1 525.0	519.3 503.3 519.4	526.3 503.6 526.1	517.5 503.9 517.5	527.4 503.5 527.1
$l\ 9_\circ + 1.$ $r\ 1.4.. + 3_=$ $l\ 9_\circ + 1. + 0.8_\circ$ $r\ 1.4.. + 3_=$	$l\ 9_\circ + 0.8_\circ$ $r\ 1_\cup + 3_=$ $l\ 9_\circ + 1.4.$ $r\ 0.8.. + 3_=$	$l\ 9_\circ + 1.$ $r\ 1.4.. + 3_=$ $l\ 9_\circ + 1. + 0.8_\circ$ $r\ 1.4.. + 3_=$	$l\ 9_\circ + 0.8_\circ$ $r\ 1_\cup + 3_=$ $l\ 9_\circ + 1.4.$ $r\ 0.8.. + 3_=$	$l\ 9_\circ + 1.$ $r\ 1.4.. + 3_=$ $l\ 9_\circ + 1. + 0.8_\circ$ $r\ 1.4.. + 3_=$

Anfang $\vartheta_o = 7^\circ.26$ $b = 771.74$ $\vartheta_u = 7^\circ.58$
Ende $\vartheta_o = 7.26$ $b = 771.62$ $\vartheta_u = 7.58$

---

31. Januar 1896. Anfangsstellung $\frac{Hm \mid Sp}{Sd \mid Ho}$

I[1]	II	III	IV	V
484.8 496.9 485.2	478.0 503.1 479.0	475.1 503.9 476.0	480.0 503.1 481.1	480.1 502.8 481.0
524.4 504.8 524.2	524.1 504.1 524.1	523.3 504.1 523.3	527.0 504.1 526.9	527.6 504.0 527.4
479.1 502.9 480.2	481.6 503.2 482.6	479.9 502.8 480.9	482.2 502.7 483.0	485.2 502.0 485.9
523.5 504.0 523.4	527.9 504.2 526.9	526.0 504.2 525.9	528.9 503.5 528.6	528.0 504.2 527.9
$l\ 9_\circ + 0.8_\circ$ $r\ 1_\cup + 1.4.. + 3_=$ $l\ 9_\circ$ $r\ 3_= + 0.8..$	$l\ 9_\circ$ $r\ 0.8.. + 1_\cup$ $l\ 9_\circ$ $r\ 1_\cup$	$l\ 9_\circ + 0.8_\circ$ $r\ 1_\cup + 1.4.. + 3_=$ $l\ 9_\circ$ $r\ 3_= + 0.8..$	$l\ 9_\circ$ $r\ 0.8.. + 1_\cup$ $l\ 9_\circ$ $r\ 1_\cup$	$l\ 9_\circ + 0.8_\circ$ $r\ 1_\cup + 1.4.. + 3_=$ $l\ 9_\circ$ $r\ 3_= + 0.8..$

Anfang $\vartheta_o = 7^\circ.10$ $b = 769.85$ $\vartheta_u = 7^\circ.46$
Ende $\vartheta_o = 7.09$ $b = 769.88$ $\vartheta_u = 7.46$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung +0.2 zu corrigiren.

4. Februar 1896. Anfangsstellung $\frac{Ho \mid Sd}{Sp \mid Hm}$

I			II			III			IV			V		
484.8	503.0	485.8	476.3	502.6	477.3	483.0	502.4	483.8	481.1	503.0	482.0	485.8	502.7	486.6
532.0	504.0	531.8	523.9	504.1	523.9	531.7	504.1	531.5	525.9	504.0	525.7	533.9	504.1	533.6
484.8	502.6	485.5	478.2	502.8	479.1	485.7	503.0	486.5	483.9	503.0	484.9	486.3	503.0	487.0
529.9	504.4	529.6	528.6	504.0	528.3	534.0	503.9	533.8	526.9	504.2	526.6	532.6	503.9	532.4
$l\ 9_\circ$ $r\ 3_=$ $l\ 9_\circ + 0.8_\circ$ $r\ 3_=$			$l\ 9_\circ + 1.$ $r\ 1.4.. + 3_=$ $l\ 9_\circ + 1. + 0.8_\circ$ $r\ 1.4.. + 3_=$			$l\ 9_\circ$ $r\ 3_=$ $l\ 9_\circ + 0.8_\circ$ $r\ 3_=$			$l\ 9_\circ + 1.$ $r\ 1.4.. + 3_=$ $l\ 9_\circ + 1. + 0.8_\circ$ $r\ 1.4.. + 3_=$			$l\ 9_\circ$ $r\ 3_=$ $l\ 9_\circ + 0.8_\circ$ $r\ 3_=$		

Anfang $\vartheta_o = 7^\circ.18$ $b = 776.13$ $\vartheta_u = 7^\circ.48$
Ende $\vartheta_o = 7.19$ $b = 775.57$ $\vartheta_u = 7.48$

---

7. Februar 1896. Anfangsstellung $\frac{Hm \mid Sp}{Sd \mid Ho}$

I			II			III			IV			V		
529.9	504.5	529.8	530.4	504.1	530.3	530.1	504.1	530.0	529.7	503.9	529.7	531.0	504.4	530.9
473.5	502.4	474.6	473.0	502.6	473.9	470.7	503.5	471.8	474.8	502.3	475.6	475.1	502.2	476.0
529.3	504.1	529.1	533.8	504.1	533.4	532.0	504.1	531.8	531.9	504.1	531.7	531.0	504.1	530.8
473.1	502.1	474.0	477.8	502.7	478.4	476.0	502.3	476.9	475.8	502.6	476.6	473.5	502.4	474.4
$l\ 3_- + 1.4. + 0.8_\circ$ $r\ 0$ $l\ 3_- + 1.4. + 0.8_\circ$ $r\ 1_\cup$			$l\ 9_\circ$ $r\ 1_\cup$ $l\ 9_\circ + 1.$ $r\ 3_=$			$l\ 3_- + 1.4. + 0.8_\circ$ $r\ 0$ $l\ 3_- + 1.4. + 0.8_\circ$ $r\ 1_\cup$			$l\ 9_\circ$ $r\ 1_\cup$ $l\ 9_\circ + 1.$ $r\ 3_=$			$l\ 3_- + 1.4. + 0.8_\circ$ $r\ 0$ $l\ 3_- + 1.4. + 0.8_\circ$ $r\ 1_\cup$		

Anfang $\vartheta_o = 7^\circ.16$ $b = 769.72$ $\vartheta_u = 7^\circ.46$
Ende $\vartheta_o = 7.16$ $b = 769.92$ $\vartheta_u = 7.46$

---

10. Februar 1896. Anfangsstellung $\frac{Ho \mid Sd}{Sp \mid Hm}$

I			II			III			IV		
529.9	504.3	529.8	507.1	520.0	507.8[1]	531.5	504.2	531.3	536.2	504.5	536.0
474.2	502.2	475.1	478.6	502.7	479.4	473.2	502.8	474.1	482.9	502.4	483.8
531.4	504.6	531.1	536.0	503.8	535.8	530.9	504.0	530.7	532.5	503.9	532.1
473.4	502.2	474.2	478.2	502.6	479.1	473.0	502.1	474.0	481.9	502.6	482.8
									539.7	503.6	539.4
$l\ 9_\circ + 0.8_\circ$ $r\ 3_=$ $l\ 9_\circ + 0.8_\circ$ $r\ 3_= + 1_\cup$			1) $l\ 9_\circ + 1.4.$ $r\ 1_\cup + 3_=$ 3) $l\ 9_\circ + 1.4.$ $r\ 0.8.. + 3_=$ 2 u. 4) $l\ 9_\circ + 1.4.$ $r\ 0.8.. + 1_\cup + 3_=$			$l\ 9_\circ + 0.8_\circ$ $r\ 3_=$ $l\ 9_\circ + 0.8_\circ$ $r\ 3_= + 1_\cup$			$l\ 9_\circ + 1.4.$ $r\ 0.8.. + 3_=$ $l\ 9_\circ + 1.4.$ $r\ 0.8.. + 1_\cup + 3_=$		

Anfang $\vartheta_o = 7^\circ.18$ $b = 767.58$ $\vartheta_u = 7^\circ.48$
Ende $\vartheta_o = 7.20$ $b = 767.11$ $\vartheta_u = 7.48$

[1] II 1 corrigirt um + 5.97 auf die verändert. Aeq. II. 3.

II. Wägungen mit Bleiklotz.

Horizontalvertauschungen.

11. October 1892. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Ho} \Big| \frac{Hm}{Sm}$

I	II	III	IV	V
469.2 499.3 470.0	520.0 503.0 519.1	521.0 503.0 520.2	472.0 500.0 473.0	478.1 501.3 479.0
518.3 502.3 517.1	468.3 499.9 469.1	477.6 499.9 478.0	519.8 501.3 518.9	522.2 503.1 521.0
472.5 499.8 473.0	517.1 502.6 516.1	521.0 503.0 519.9	474.0 500.2 474.5	478.8 501.3 479.7
518.2 502.6 517.3	471.9 499.8 472.3	476.0 501.2 476.9	520.2 499.2 519.0	524.1 502.5 523.4
473.8 500.0 474.2	517.4 502.1 516.3	521.6 502.6 520.2		
520.1 502.8 519.3	468.4 499.4 469.0			
474.4 499.8 475.0	520.5 502.5 519.1			
522.1 501.1 521.0	474.0 499.7 474.4			
473.2 499.8 473.9	505.0 502.5 504.9			
	521.0 501.9 519.8			
	475.6 499.9 476.0			
l 9_0+1.4.. *r* 1.+3_	*l* 9_0+1.4..+0.8. *r* 1.+3_	*l* 9_0+1.4..+0.8. *r* 1.+3_	*l* 9_0+1.4.. *r* 1.+3_	*l* 9_0+1.4.. *r* 1.+3_
l 9_0+1.4..+0.8. *r* 1.+3_	*l* 9_0+1.4.. *r* 1.+3_	*l* 9_0+1.4.. *r* 1.+3_	*l* 9_0+1.4..+0.8. *r* 1.+3_	*l* 9_0+1.4..+0.8. *r* 1.+3_

Anfang $\vartheta_o = 11.74$ $b = 756.27$ $\vartheta_u = 11.47$
Ende $\vartheta_o = 11.73$ $b = 756.13$ $\vartheta_u = 11.48$

12. October 1892. Anfangsstellung $\frac{Sm}{Hm} \Big| \frac{Ho}{Sp}$

I	II	III	IV	V
521.5 503.0 520.8	520.0 501.9 519.8	526.9 504.2 526.0	475.9 500.5 476.8	523.6 504.0 522.9
482.0 500.9 482.5	477.0 500.2 477.8	483.1 500.9 483.6	517.0 502.3 516.2	483.5 500.8 484.0
481.5 500.5 481.9	519.6 502.8 518.8	526.8 503.3 525.6	474.8 502.3 475.3	525.5 502.9 524.1
526.0 500.1 525.3	477.9 500.1 478.4	483.4 500.9 483.9	517.2 503.1 516.6	480.7 501.9 481.2
480.0 501.0 480.5	523.0 503.0 522.0	527.9 503.9 526.8	470.5 499.9 471.1	528.3 502.1 527.1
527.4 502.7 526.2	479.0 500.1 479.3		474.0 500.8 474.8	
480.0 500.5 480.4				
l 9_0+1.4..+0.8. *r* 1.+3_	*l* 9_0+1.4..+0.8. *r* 1.+3_	*l* 9_0+1.4..+0.8. *r* 1.+3_	*l* 9_0+1.4.. *r* 1.+3_	*l* 9_0+1.4..+0.8. *r* 1.+3_
l 9_0+1.4.. *r* 1.+3_	*l* 9_0+1.4.. *r* 1.+3_	*l* 9_0+1.4.. *r* 1.+3_	*l* 9_0+1.4..+0.8. *r* 1.+3_	*l* 9_0+1.4.. *r* 1.+3_

Anfang $\vartheta_o = 11.72$ $b = 758.09$ $\vartheta_u = 11.46$
Ende $\vartheta_o = 11.72$ $b = 757.77$ $\vartheta_u = 11.47$

13. October 1892. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Ho} \Big| \frac{Hm}{Sm}$

I	II	III	IV	V
471.4 500.4 472.8	477.1 501.0 478.0	523.4 503.9 522.8	481.9 502.0 482.3	473.1 499.9 474.0
518.6 503.2 518.0	526.3 502.1 525.0	478.0 501.0 478.8	524.0 502.1 522.9	518.0 502.6 517.0
476.6 500.0 477.0	471.0 505.0 472.0	523.7 503.1 522.5	477.6 500.2 478.1	474.0 499.9 474.8
515.0 502.9 514.6	522.8 501.7 521.5	480.3 501.0 480.9	524.0 503.8 523.0	515.0 502.2 514.0
470.1 502.0 471.1	475.0 500.0 475.8	523.9 503.4 522.7	482.9 500.4 483.0	477.0 500.1 477.6
519.1 503.0 518.3	527.4 502.5 526.0		525.8 503.4 524.5	
469.8 500.1 470.3			479.0 500.3 479.1	
l 9_0+1.4.. *r* 1.+3_	*l* 9_0 *r* 1.+1.4.	*l* 9_0+1.4..+0.8. *r* 1.+3_	*l* 9_0 *r* 1.+1.4.	*l* 9_0+1.4..+0.8. *r* 1.+3_
l 9_0+1.4..+0.8. *r* 1.+3_	*l* 9_0+0.8. *r* 1.+1.4.	*l* 9_0+1.4.. *r* 1.+3_	*l* 9_0+0.8. *r* 1.+1.4.	*l* 9_0+1.4.. *r* 1.+3_

Anfang $\vartheta_o = 11.70$ $b = 759.31$ $\vartheta_u = 11.45$
Ende $\vartheta_o = 11.69$ $b = 759.02$ $\vartheta_u = 11.46$

24. Januar 1893. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Hm}\Big|\frac{Ho}{Sm}$

I	II	III	IV	V
483.0 503.9 485.0	525.2 505.5 524.6	541.2 506.5 540.5	487.8 504.0 489.2	498.0 516.4 499.2
536.4 507.1 535.8	481.8 502.8 482.7	502.0 505.0 502.3	550.0 506.1 548.0	508.7 503.1 508.6
488.0 503.3 489.4	523.5 505.5 522.8	546.9 507.1 545.3	495.3 513.3 496.2	548.1 506.9 546.7
538.8 506.5 538.0	485.1 502.7 486.1	497.0 503.4 497.3	552.5 507.1 550.1	510.0 502.6 509.5
l 3_+1.4. *r* 0.8$_\circ$	*l* 9.+0.8. *r* 1.4..+1.	*l* 3_+1.4. *r* 0	*l* 9. *r* 1.4..+1.	*l* 3_+1.4. *r* 0.8$_\circ$
l 3_+1.4. *r* 0	*l* 9. *r* 1.4..+1.	*l* 3_+1.4. *r* 0.8$_\circ$	*l* 9.+0.8. *r* 1.4..+1.	*l* 3_+1.4. *r* 0

Anfang $\vartheta_o = 4.98$ $b = 756.67$ $\vartheta_u = 5.70$
Ende $\vartheta_o = 4.96$ $b = 756.21$ $\vartheta_u = 5.68$

26. Januar 1893. Anfangsstellung $\frac{Sm}{Ho}\Big|\frac{Hm}{Sd}$

I	II	III[1]	IV	V
505.0 501.8 505.0	523.5 476.4 521.0	520.7 501.7 520.0	507.0 501.0 507.0	517.0 498.7 516.0
545.0 505.0 543.2	540.8 503.7 539.0	475.0 500.6 476.0	548.0 506.3 546.0	554.0 505.1 552.2
497.9 504.5 498.1	496.5 502.1 496.7	526.6 503.0 525.1	509.5 501.0 509.0	515.1 502.0 514.1
546.1 505.4 544.3	540.0 503.7 538.8	482.0 499.8 482.8	541.4 503.5 540.0	559.0 505.6 557.0
497.5 503.0 497.7	498.9 503.0 499.0		507.0 500.5 506.7	520.0 500.7 518.4
l 9. *r* 1.+1.4..	*l* 3_+1.4. *r* 1.	*l* 9.+0.8. *r* 3=	*l* 3_+1.4. *r* 1.	*l* 9. *r* 1.+1.4..
l 9.+0.8. *r* 1.+1.4..	*l* 3_+1.4.+0.8. *r* 1.	*l* 9. *r* 3=	*l* 3_+1.4.+0.8. *r* 1.	*l* 9.+0.8. *r* 1.+1.4..

Anfang $\vartheta_o = 5.24$ $b = 762.03$ $\vartheta_u = 5.70$
Ende $\vartheta_o = 5.25$ $b = 762.16$ $\vartheta_u = 5.70$

[1] auf Aequilibrirung I und V umzurechnen.

2. Februar 1893. Anfangsstellung $\frac{Sm}{Ho}\Big|\frac{Hm}{Sd}$

I	II	III	IV	V
483.1 500.9 483.9	489.0 502.7 490.0	555.0 505.0 553.1	480.2 503.0 481.3	549.9 504.4 548.2
530.0 503.9 529.8	541.7 504.9 540.4	495.8 505.0 496.1	525.9 503.0 525.1	497.5 501.9 497.8
485.7 502.0 486.3	486.9 501.9 487.4	548.3 505.0 547.0	476.7 500.8 477.5	547.9 504.1 546.2
545.1 506.0 544.0	534.0 504.2 533.0	497.5 513.7 498.4	524.9 502.3 524.0	490.5 504.0 491.0
490.3 502.0 491.2	493.0 501.1 493.3	548.5 504.1 547.0	472.5 501.0 473.6	543.8 503.9 542.2
542.4 505.7 541.6				
500.6 502.9 500.6				
l 9.+1$_\smile$ *r* 1.4..+0.8$_\circ$	*l* 3_+1.4.+1$_\smile$ *r* 0.8$_\circ$	*l* 9.+1$_\smile$+0.8.	*l* 3_+1.4.+1$_\smile$ *r* 0.8$_\circ$	*l* 9.+1$_\smile$+0.8.
l 9.+1$_\smile$+0.8.	*l* 3_+1.4.+1$_\smile$+0.8.	*r* 1.4..+0.8$_\circ$	*l* 3_+1.4.+1$_\smile$+0.8.	*r* 1.4..+0.8$_\circ$
r 1.4..+0.8$_\circ$	*r* 0.8$_\circ$	*l* 9.+1$_\smile$ *r* 1.4..+0.8$_\circ$	*r* 0.8$_\circ$	*l* 9.+1$_\smile$ *r* 1.4..+0.8$_\circ$

Anfang $\vartheta_o = 5.70$ $b = 757.06$ $\vartheta_u = 5.99$
Ende $\vartheta_o = 5.74$ $b = 756.87$ $\vartheta_u = 6.00$

4. Februar 1893. Anfangsstellung $\frac{Sd \mid Ho}{Hm \mid Sm}$

I	II	III	IV	V
525.8 504.0 525.1	475.2 503.0 476.3	512.0 499.5 511.8	529.4 503.0 528.8	463.0 500.7 464.6
472.8 501.3 473.8	528.6 503.4 527.9	456.3 500.9 458.2	475.5 501.4 476.7	505.0 501.9 505.2
528.9 498.7 527.9	477.5 501.0 478.2	537.0 479.2 534.8	528.9 501.0 528.2	454.4 501.0 456.2
469.2 501.9 470.3	527.5 503.5 526.8	452.0 501.3 454.0	472.6 500.3 473.9	496.3 507.0 497.0
513.5 500.2 513.1				
l 9. *r* $3_=$+1. *l* 9. *r* $3_=$+1.+$0.8_\circ$	*l* 9.+1.4.+$1_\cup$ *r* $3_=$+$0.8_\circ$ *l* 9.+1.4.+$1_\cup$ *r* $3_=$	*l* 9. *r* $3_=$+1. *l* 9. *r* $3_=$+1.+$0.8_\circ$	*l* 9.+1.4.+$1_\cup$ *r* $3_=$ *l* 9.+1.4.+$1_\cup$ *r* $3_=$+$0.8_\circ$	*l* 9. *r* $3_=$+1.+$0.8_\circ$ *l* 9. *r* $3_=$+1.

Anfang $\vartheta_o = 5.85$ $b = 776.78$ $\vartheta_u = 6.10$
Ende $\vartheta_o = 5.85$ $b = 776.92$ $\vartheta_u = 6.10$

---

7. Februar 1893. Anfangsstellung $\frac{Sm \mid Hm}{Ho \mid Sd}$

I	II	III	IV	V
483.4 501.0 484.2	490.4 477.6 490.1	520.2 502.3 519.9	480.9 500.9 481.7	529.8 503.2 528.9
534.5 501.9 533.4	525.9 501.8 525.1	469.8 500.5 471.0	522.6 502.0 522.1	475.4 499.6 476.2
473.7 501.1 474.5	469.1 499.6 470.2	520.2 499.6 519.9	475.0 499.2 476.0	526.2 502.1 525.4
517.8 502.1 517.2	516.6 501.8 516.2	468.4 500.9 469.3	522.5 501.6 522.0	477.0 499.9 478.0
467.0 499.2 468.3	464.4 499.9 465.6	515.8 502.0 515.2	473.4 500.0 474.1	521.4 501.0 521.1
518.0 502.8 517.4				
465.0 500.0 466.0				
521.2 502.1 520.9				
l 9.+1.4. *r* $3_=$ *l* 9.+1.4.+0.8. *r* $3_=$	*l* 9. *r* $3_=$+1.4.. *l* 9.+0.8. *r* $3_=$+1.4..	*l* 9.+1.4.+0.8. *r* $3_=$ *l* 9.+1.4. *r* $3_=$	*l* 9. *r* 1.4..+$3_=$ *l* 9.+0.8. *r* 1.4..+$3_=$	*l* 9.+1.4.+0.8. *r* $3_=$ *l* 9.+1.4. *r* $3_=$

Anfang $\vartheta_o = 5.75$ $b = 764.25$ $\vartheta_u = 6.10$
Ende $\vartheta_o = 5.74$ $b = 764.71$ $\vartheta_u = 6.10$

---

13. Februar 1893. Anfangsstellung $\frac{Sd \mid Ho}{Hm \mid Sm}$

I	II	III
519.0 502.5 518.8	511.2 491.1 510.8	514.9 498.0 514.2
472.4 499.2 473.5	454.8 499.7 456.5	455.8 498.7 457.5
491.0 524.4 493.2	514.5 487.2 513.7	496.2 515.1 497.2
463.5 500.0 465.0	453.2 499.0 454.7	460.7 499.0 462.2
492.0 515.1 493.6	502.8 496.1 502.8	514.3 495.0 513.8
456.5 501.8 458.1		
509.0 496.2 508.8		
l 9. *r* 1.+$3_=$ *l* 9. *r* 1.+$3_=$+$0.8_\circ$	*l* 9. *r* 1. *l* 9. *r* 1.+$0.8_\circ$	*l* 9. *r* 1.+$3_=$ *l* 9. *r* 1.+$3_=$+$0.8_\circ$

Anfang $\vartheta_o = 6.06$ $b = 753.64$ $\vartheta_u = 6.31$
Ende $\vartheta_o = 6.10$ $b = 753.87$ $\vartheta_u = 6.30$

18. Februar 1893. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Hm}\Big|\frac{Ho}{Sm}$

I	II	III	IV	V
468.3 499.2 469.5	475.1 499.8 476.0	450.5 510.1 452.8	541.0 495.5 540.0	461.8 499.6 463.0
511.4 502.1 511.3	527.7 496.2 526.9	508.1 501.0 508.1	485.0 500.0 485.3	517.9 493.2 517.0
467.9 499.0 469.1	470.6 500.8 471.8	458.2 498.9 459.8	534.1 502.8 533.1	465.0 498.2 466.2
510.8 501.2 510.7	532.1 503.3 531.4	514.4 489.5 513.8	483.5 500.0 484.0	512.7 498.1 512.4
448.1 510.0 450.7	469.0 501.2 470.8	455.3 498.8 457.2	530.1 500.9 529.0	458.8 498.2 460.0
514.4 500.2 514.2	523.0 498.2 522.2		475.2 501.4 476.1	508.9 500.6 508.8
469.5 481.0 471.5			528.0 501.8 527.9	
463.8 488.3 465.3				
l 9. r $0.8_\circ$+1.+$3_=$ l 9. r 1.+$3_=$	l 9.+1.4.+$1_\smile$ r $3_=$+$0.8_\circ$ l 9.+1.4.+$1_\smile$ r $3_=$	l 9. r $0.8_\circ$+$3_=$+1. l 9. r $3_=$+1.	l 9.+1.4.+$1_\smile$ r $3_=$ l 9.+1.4.+$1_\smile$ r $3_=$+$0.8_\circ$	l 9. r 1.+$3_=$+$0.8_\circ$ l 9. r 1.+$3_=$

Anfang $\vartheta_o = 6.29$ $b = 764.32$ $\vartheta_u = 6.48$
Ende $\vartheta_o = 6.34$ $b = 762.75$ $\vartheta_u = 6.49$

21. Februar 1893. Anfangsstellung $\frac{Sm}{Ho}\Big|\frac{Hm}{Sd}$

I	II	III	IV	V
474.2 499.4 475.2	522.9 497.6 522.1	461.4 508.8 463.5	520.9 500.1 520.2	466.9 501.2 468.0
522.7 500.4 522.0	456.5 514.8 458.9	518.5 499.8 518.2	468.9 506.3 470.2	523.9 493.4 523.3
467.0 499.2 467.8	516.8 502.9 516.3	471.1 498.8 471.6	517.0 502.3 516.5	470.8 500.0 471.9
507.8 501.2 507.8	472.6 499.9 473.5	521.3 501.1 521.3	471.8 500.0 472.9	512.4 501.8 512.3
513.2 500.9 512.9	521.0 501.0 520.1	468.5 503.3 470.0	521.2 497.3 520.9	470.2 506.0 471.2
461.2 501.5 462.5				
l 9.+1.4. r $3_=$ l 9.+1.4.+0.8. r $3_=$	l 9. r 1.4..+$3_=$ l 9.+0.8. r 1.4..+$3_=$	l 9.+1.4. r $3_=$ l 9.+1.4.+0.8. r $3_=$	l 9.+0.8. r 1.4..+$3_=$ l 9. r 1.4..+$3_=$	l 9.+1.4. r $3_=$ l 9.+1.4.+0.8. r $3_=$

Anfang $\vartheta_o = 6.45$ $b = 745.53$ $\vartheta_u = 6.60$
Ende $\vartheta_o = 6.48$ $b = 742.63$ $\vartheta_u = 6.61$

23. Februar 1893. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Hm}\Big|\frac{Ho}{Sm}$

I	II	III	IV	V
487.2 502.1 488.7	471.2 498.8 471.7	504.2 498.8 504.2	518.2 499.4 517.9	495.8 506.2 496.6
535.8 502.2 535.1	515.9 496.8 515.1	544.1 501.2 542.8	466.7 500.5 467.5	541.3 503.4 540.0
485.0 504.2 486.2	464.8 496.2 466.2	494.8 507.2 495.0	517.2 498.2 516.6	490.3 501.3 491.0
530.3 503.4 529.9	516.2 502.1 515.6	544.4 503.2 543.2	461.6 499.4 463.1	542.1 502.2 541.3
478.2 511.1 479.9	469.2 496.2 470.1	477.1 513.2 478.6	518.3 495.4 517.8	491.4 506.8 492.2
536.8 505.2 535.6	518.7 497.3 518.3	545.9 497.2 544.2	466.8 500.9 467.2	541.7 503.8 540.2
	463.8 500.2 464.8	486.1 505.2 486.7	515.0 499.9 514.8	480.7 514.3 482.4
		539.9 499.7 538.8	468.2 501.2 469.4	
l 9. r $3_=$+1. l 9.+0.8. r $3_=$+1.	l 9.+1.4.+$1_\smile$ r $3_=$+$0.8_\circ$ l 9.+1.4.+$1_\smile$ r $3_=$	l 9. r $3_=$+1. l 9.+0.8. r $3_=$+1.	l 9.+1.4.+$1_\smile$ r $3_=$ l 9.+1.4.+$1_\smile$ r $3_=$+$0.8_\circ$	l 9. r $3_=$+1. l 9.+0.8. r $3_=$+1.

Anfang $\vartheta_o = 6.51$ $b = 745.45$ $\vartheta_u = 6.69$
Ende $\vartheta_o = 6.56$ $b = 747.45$ $\vartheta_u = 6.69$

2. März 1893. Anfangsstellung $\frac{Hm}{Sd} \Big| \frac{Sm}{Ho}$

I			II			III			IV			V		
457.5	499.1	459.0	506.0	499.0	505.8	457.8	498.9	459.2	502.1	501.0	502.0	462.1	499.0	463.6
510.2	497.5	509.9	459.9	498.8	461.2	497.1	511.3	498.1	453.2	498.6	454.8	492.5	523.0	494.1
457.1	499.2	458.8	510.0	500.4	509.8	452.1	500.9	454.0	490.1	515.7	491.7	468.0	500.0	469.4
507.6	495.4	507.2	452.4	498.6	454.0	496.7	509.0	497.5	457.6	499.5	458.8	495.5	511.1	496.6
452.0	498.0	453.8	509.9	498.8	509.8	457.0	499.0	458.5	507.0	500.8	507.0	467.7	499.9	468.8
504.4	496.0	504.2												
459.6	498.8	461.0												
l 9.		*r* 1.4..+3$_=$	*l* 9.+1.4.+0.8.		*r* 3$_=$	*l* 9.		*r* 1.4..+3$_=$	*l* 9.+1.4.+0.8.		*r* 3$_=$	*l* 9.		*r* 1.4..+3$_=$
l 9.+0.8.		*r* 1.4..+3$_=$	*l* 9.+1.4.		*r* 3$_=$	*l* 9.+0.8.		*r* 1.4..+3$_=$	*l* 9.+1.4.		*r* 3$_=$	*l* 9.+0.8.		*r* 1.4..+3$_=$

Anfang $\vartheta_o = 6.53$ $b = 752.95$ $\vartheta_u = 6.71$
Ende $\vartheta_o = 6.56$ $b = 753\ 32$ $\vartheta_u = 6.71$

3. März 1893. Anfangsstellung $\frac{Ho}{Sm} \Big| \frac{Sd}{Hm}$

I			II			III			IV			V		
469.0	500.2	470.2	476.9	499.2	477.7	537.3	502.3	536.5	520.4	500.8	520.0	528.3	498.2	527.8
525.0	496.7	524.2	530.6	497.2	529.8	481.2	509.8	482.7	468.1	500.0	469.2	473.0	503.3	474.3
473.2	499.9	474.5	469.7	498.3	470.8	533.0	502.1	532.2	516.2	499.2	515.8	531.8	501.2	530.6
530.8	497.3	529.8	520.7	501.6	520.0	487.7	502.8	488.2	467.0	500.0	468.2	479.9	502.0	480.8
465.3	509.5	467.3	466.8	499.2	468.0	531.9	501.1	531.0	520.1	499.2	519.8	525.3	501.4	524.9
527.0	502.2	526.3	515.0	501.7	514.8	475.2	504.2	476.7	475.0	499.9	476.0	473.0	499.3	474.0
l 9.		*r* 1.	*l* 3_+1.4.+1$_\cup$		*r* 0.8$_\circ$	*l* 9.+0.8.		*r* 1.	*l* 3_+1.4.+1$_\cup$		*r* 0	*l* 9.+0.8.		*r* 1.
l 9.+0.8.		*r* 1.	*l* 3_+1.4.+1$_\cup$		*r* 0	*l* 9.		*r* 1.	*l* 3_+1.4.+1$_\cup$		*r* 0.8$_\circ$	*l* 9.		*r* 1.

Anfang $\vartheta_o = 6.63$ $b = 751.02$ $\vartheta_u = 6.75$
Ende $\vartheta_o = 6.64$ $b = 755.47$ $\vartheta_u = 6.76$

11. März 1893. Anfangsstellung $\frac{Ho}{Sm} \Big| \frac{Sd}{Hm}$

I			II			III			IV			V		
527.2	500.5	526.6	462.0	503.1	463.8	471.2	501.7	472.0	513.2	498.3	512.9	508.2	500.7	508.0
467.4	502.7	469.0	522.8	501.8	522.2	525.2	502.3	524.7	464.7	498.3	465.9	462.6	498.7	464.1
529.5	497.3	528.5	461.3	503.5	463.1	476.8	500.0	477.7	508.7	494.0	508.3	512.7	496.2	512.1
478.8	501.7	479.7	515.7	500.6	515.3	513.0	500.2	513.0	461.8	499.2	463.2	463.7	499.6	465.1
527.1	502.0	526.3	461.0	500.0	462.5	460.7	500.0	462.3	508.1	492.8	507.9	509.2	499.2	509.0
464.1	500.2	465.6	513.2	496.0	513.0	508.0	497.7	507.9	450.5	499.0	452.6			
523.0	497.0	522.2	459.8	499.0	461.2	465.0	500.3	466.6	491.7	518.0	493.2			
472.2	499.8	473.5												
l 9.+1$_\cup$		*r* 1.4..	*l* 3_+1.4.+1$_\cup$		*r* 0.8$_\circ$	*l* 9.+1$_\cup$		*r* 1.4..+0.8$_\circ$	*l* 3_+1.4.+1$_\cup$		*r* 0	*l* 9.+1$_\cup$		*r* 1.4..
l 9.+1$_\cup$		*r* 1.4..+0.8$_\circ$	*l* 3_+1.4.+1$_\cup$		*r* 0	*l* 9.+1$_\cup$		*r* 1.4..	*l* 3_+1.4.+1$_\cup$		*r* 0.8$_\circ$	*l* 9.+1$_\cup$		*r* 1.4..+0.8$_\circ$

Anfang $\vartheta_o = 6.73$ $b = 763.15$ $\vartheta_u = 6.87$
Ende $\vartheta_o = 6.74$ $b = 764.14$ $\vartheta_u = 6.87$

14. März 1893. Anfangsstellung $\frac{Hm}{Sd}\Big|\frac{Sm}{Ho}$

I			II			III			IV			V		
483.0	502.0	483.8	526.8	502.7	526.0	526.0	502.8	525.2	483.1	499.8	484.0	477.9	502.0	478.8
528.8	503.0	528.0	468.1	501.5	469.7	467.8	499.0	469.0	519.0	500.1	518.6	521.0	502.5	520.5
481.1	500.2	481.9	524.0	501.0	523.2	525.0	502.9	524.4	475.1	500.3	476.0	469.0	499.6	470.2
532.4	503.0	531.6	473.0	500.3	474.1	481.5	501.5	482.3	515.6	501.2	515.4	517.0	502.5	516.5
482.2	500.1	483.0	522.9	502.8	522.1	522.0	499.0	521.3	479.0	499.8	479.8	472.5	500.0	473.5
			472.1	498.9	473.1	475.0	500.7	476.0	498.0	513.0	499.5			
l 9. *r* $1.+3_=$			*l* $9.+1_\cup+0.8.$			*l* 9.+0.8. *r* $1.+3_=$			*l* $9.+1_\cup$ *r* $0.8_\circ+1.4..$			*l* 9. *r* $1.+3_=$		
l 9.+0.8. *r* $1.+3_=$			*r* $0.8_\circ+1.4..$			*l* 9. *r* $1.+3_=$			*l* $9.+1_\cup+0.8.$			*l* 9.+0.8 *r* $1.+3_=$		
			l $9.+1_\cup$ *r* $0.8_\circ+1.4..$						*r* $0.8_\circ+1.4..$					

Anfang $\vartheta_o = 6.74$ $b = 753.36$ $\vartheta_u = 6.92$
Ende $\vartheta_o = 6.75$ $b = 752.56$ $\vartheta_u = 6.91$

23. März 1893. Anfangsstellung $\frac{Ho}{Sm}\Big|\frac{Sd}{Hm}$

I			II			III			IV			V		
514.2	499.8	513.3	487.2	499.2	487.9	484.3	499.9	485.1	516.8	502.2	516.0	512.7	498.2	511.8
484.3	499.8	485.3	518.0	501.2	517.0	517.3	502.0	516.7	484.9	499.4	485.8	479.3	499.0	480.3
515.0	499.8	514.0	485.7	499.7	486.4	479.8	503.2	481.0	514.9	502.0	514.0	513.9	498.0	513.0
482.3	499.7	483.5	519.1	500.9	517.9	518.2	498.2	517.0	478.3	501.3	479.9	477.7	499.1	478.8
518.2	501.1	517.0												
481.7	499.9	482.8												
515.0	500.6	514.0												
480.1	501.2	481.6												
l $3_+1_\cup$ *r* 0			*l* 0 *r* 0			*l* $3_+1_\cup$ *r* $0.8_\circ$			*l* 0.8. *r* 0			*l* $3_+1_\cup$ *r* 0		
l $3_+1_\cup$ *r* $0.8_\circ$			*l* 0.8. *r* 0			*l* $3_+1_\cup$ *r* 0			*l* 0 *r* 0			*l* $3_+1_\cup$ *r* $0.8_\circ$		

Anfang $\vartheta_o = 6.84$ $b = 764.72$ $\vartheta_u = 7.01$
Ende $\vartheta_o = 6.81$ $b = 764.28$ $\vartheta_u = 7.01$

25. März 1893. Anfangsstellung $\frac{Hm}{Sd}\Big|\frac{Sm}{Ho}$

I[1]			II[2]			III			IV			V		
478.1	499.0	479.0	509.9	501.4	509.3	477.3	498.9	478.4	479.9	499.1	480.8	475.0	498.3	476.2
508.3	502.5	508.0	478.2	499.1	479.3	507.8	500.3	507.2	506.0	502.0	505.8	496.0	507.3	496.7
474.9	498.3	475.8	510.0	501.2	509.6	475.3	499.0	476.6	475.4	498.5	476.6	472.5	500.1	474.1
528.0	481.6	525.0	477.0	498.7	478.0	508.7	501.0	508.2	508.0	501.1	507.8	508.5	500.6	508.0
474.0	498.2	475.1	509.8	500.6	509.2									
506.0	497.8	505.4												
472.0	498.0	473.0												
l 3_ *r* $0.8_\circ+1.+1.4..$			*l* 3_+0.8. *r* 0			*l* 0 *r* 0			*l* 3_ *r* 0			*l* 0 *r* 0		
l 3_ *r* 1.+1.4..			*l* 3_+0.8. *r* $0.8_\circ$			*l* 0.8. *r* 0			*l* 3_+0.8. *r* 0			*l* 0.8. *r* 0		

Anfang $\vartheta_o = 6.81$ $b = 771.55$ $\vartheta_u = 7.00$
Ende $\vartheta_o = 6.81$ $b = 771.51$ $\vartheta_u = 7.00$

[1] umzurechnen auf Aequilibrirung III und V. [2] dgl. auf Aeq. IV.

18. Mai 1893. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Ho} \Big| \frac{Hm}{Sm}$

I	II	III	IV	V
460.0 501.7 461.0	470.6 501.2 471.7	527.0 502.6 527.0	479.8 501.6 480.6	528.6 501.0 528.5
514.1 501.8 514.6	523.1 502.6 523.2	475.5 502.0 476.0	531.0 502.2 530.9	475.1 501.8 476.1
502.9 514.6 503.3	472.6 501.6 473.4	529.5 502.2 529.3	479.4 502.1 480.1	526.0 502.3 526.0
463.0 501.5 464.0	524.6 502.0 524.4	477.5 501.0 478.1	531.0 502.0 530.8	477.6 501.0 478.0
518.1 501.9 518.3	474.7 501.0 475.5	529.0 502.6 528.9	479.8 501.0 480.3	530.1 500.1 529.9
467.0 501.0 467.8				
517.4 502.5 517.4				
l 3_+1.4.. *r* $0.8_\circ$ *l* 3_+1.4.. *r* 0	*l* 3_ *r* $0.8_\circ$+1.4. *l* 3_ *r* 1.4.	*l* 3_+1.4.. *r* 0 *l* 3_+1.4.. *r* $0.8_\circ$	*l* 3_ *r* $0.8_\circ$+1.4. *l* 3_ *r* 1.4.	*l* 3_+1.4.. *r* 0 *l* 3_+1.4.. *r* $0.8_\circ$

Anfang $\vartheta_o = 7.43$ $b = 752.04$ $\vartheta_u = 7.48$
Ende $\vartheta_o = 7.43$ $b = 752.61$ $\vartheta_u = 7.48$

---

19. Mai 1893. Anfangsstellung $\frac{Sm}{Hm} \Big| \frac{Ho}{Sd}$

I	II	III	IV	V
535.0 503.1 534.7	474.2 502.2 475.3	482.1 502.4 483.2	531.2 502.1 531.2	534.0 503.8 534.2
479.1 503.8 480.2	527.0 502.2 526.8	535.3 503.0 535.3	502.3 480.0 502.2	487.9 504.3 488.7
535.0 503.1 534.8	477.7 501.7 479.0	485.1 502.0 486.0	530.8 503.0 530.6	542.4 503.2 542.2
482.7 502.8 483.3	528.8 502.9 528.8	536.7 503.1 536.2	479.6 501.7 480.2	488.8 502.9 489.2
535.2 503.0 534.9	478.9 501.8 479.6	486.2 502.0 487.0	534.9 501.2 534.7	538.8 502.0 538.3
483.5 502.0 484.2				488.0 502.1 488.7
				538.8 503.0 538.4
l 1.4.. *r* 0 *l* 1.4.. *r* $0.8_\circ$	*l* 3_+1.4.. *r* $0.8_\circ$ *l* 3_+1.4.. *r* 0	*l* 1.4.. *r* $0.8._\circ$ *l* 1.4.. *r* 0	*l* 3_+1.4.. *r* 0 *l* 3_+1.4.. *r* $0.8_\circ$	*l* 1.4.. *r* 0 *l* 1.4.. *r* $0.8_\circ$

Anfang $\vartheta_o = 7.46$ $b = 754.68$ $\vartheta_u = 7.48$
Ende $\vartheta_o = 7.48$ $b = 754.62$ $\vartheta_u = 7.49$

---

24. Mai 1893. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Ho} \Big| \frac{Hm}{Sm}$

I	II	III	IV	V
478.0 501.8 478.6	529.2 502.2 529.2	531.2 502.7 531.0	480.0 502.9 480.7	482.9 501.4 483.2
529.2 501.1 528.8	478.0 503.1 478.3	481.1 501.9 481.8	531.6 502.9 531.2	535.4 502.1 535.2
479.4 501.7 480.2	530.4 502.1 530.2	531.4 502.5 531.1	485.9 501.5 486.2	483.9 501.7 484.3
527.0 502.8 526.9	484.5 501.5 485.0	478.2 503.2 479.0	533.0 502.9 532.8	531.7 502.4 531.1
l 3_+$1_\smile$ *r* $0.8_\circ$ *l* 3_+$1_\smile$ *r* 0	*l* 1.4..+0.8.. *r* 1. *l* 1.4.. *r* 1.	*l* 3_+$1_\smile$ *r* 0 *l* 3_+$1_\smile$ *r* $0.8_\circ$	*l* 1.4.. *r* 1. *l* 1.4..+0.8.. *r* 1.	*l* 3_+$1_\smile$ *r* $0.8_\circ$ *l* 3_+$1_\smile$ *r* 0

Anfang $\vartheta_o = 7.74$ $b = 750.52$ $\vartheta_u = 7.65$
Ende $\vartheta_o = 7.78$ $b = 751.73$ $\vartheta_u = 7.66$

25. Mai 1893. Anfangsstellung $\frac{Sm \mid Ho}{Hm \mid Sd}$

I	II	III	IV	V
525.0 501.9 525.0	463.8 506.5 464.9	476.4 502.4 477.6	521.9 502.7 522.1	463.2 514.8 466.0
470.2 504.7 471.2	526.1 499.4 526.0	527.2 501.3 527.0	477.8 502.4 478.2	541.0 490.0 540.2
529.3 500.2 529.0	473.3 501.5 474.0	476.9 502.0 477.5	528.0 501.2 527.8	480.9 502.0 481.7
475.8 502.2 476.2	524.4 500.7 524.2	525.9 501.0 525.8	476.7 501.5 477.2	528.9 500.5 528.4
530.8 496.6 530.3			526.7 501.8 526.2	
479.8 501.9 480.2			476.7 501.2 477.8	
l 1◡ *r* 0	*l* 3_+1◡ *r* 0.8$_\circ$	*l* 1◡ *r* 0.8$_\circ$	*l* 3_+1◡ *r* 0	*l* 1◡ *r* 0.8$_\circ$
l 1◡ *r* 0.8$_\circ$	*l* 3_+1◡ *r* 0	*l* 1◡ *r* 0	*l* 3_+1◡ *r* 0.8$_\circ$	*l* 1◡ *r* 0

Anfang $\vartheta_o = 7.81$ $b = 758.28$ $\vartheta_u = 7.69$
Ende $\vartheta_o = 7.84$ $b = 757.69$ $\vartheta_u = 7.69$

---

26. Mai 1893. Anfangsstellung $\frac{Sd \mid Hm}{Ho \mid Sm}$

I	II	III
469.8 501.7 470.6	469.6 501.2 470.3	517.8 502.9 517.8
521.2 501.8 521.0	523.3 502.8 523.2	472.4 501.4 473.2
468.0 501.3 468.9	473.2 500.9 474.2	526.0 502.3 525.9
521.9 502.7 521.7	522.2 502.7 522.1	473.0 502.2 473.9
l 3_ *r* 0	*l* 1. *r* 0.8$_\circ$	*l* 3_+0.8.. *r* 0
l 3_+0.8.. *r* 0	*l* 1. *r* 0	*l* 3_ *r* 0

Anfang $\vartheta_o = 7.86$ $b = 757.44$ $\vartheta_u = 7.73$
Ende $\vartheta_o = 7.86$ $b = 757.23$ $\vartheta_u = 7.73$

---

30. Mai 1893. Anfangsstellung $\frac{Hm \mid Sd}{Sm \mid Ho}$

I	II	III	IV	V
529.6 503.7 529.2	474.6 506.0 476.8	480.0 507.8 481.2	533.0 502.5 533.0	533.5 503.0 532.8
482.5 502.2 483.3	532.0 503.9 531.9	537.7 500.5 537.5	483.8 502.5 484.4	485.6 505.0 486.2
533.2 502.7 533.0	483.7 502.0 484.3	484.8 502.2 485.2	536.2 501.3 536.8	537.3 502.4 537.0
475.2 510.2 476.2	533.7 503.2 533.5	531.2 503.2 531.0	485.1 502.0 485.4	485.2 503.0 485.4
l 1.4.. *r* 0	*l* 3_+1◡ *r* 0.8$_\circ$	*l* 1.4.. *r* 0.8$_\circ$	*l* 3_+1◡ *r* 0	*l* 1.4.. *r* 0
l 1.4.. *r* 0.8$_\circ$	*l* 3_+1◡ *r* 0	*l* 1.4.. *r* 0	*l* 3_+1◡ *r* 0.8$_\circ$	*l* 1.4.. *r* 0.8$_\circ$

Anfang $\vartheta_o = 7.88$ $b = 755.97$ $\vartheta_u = 7.82$
Ende $\vartheta_o = 7.86$ $b = 755.96$ $\vartheta_u = 7.82$

31. Mai 1893. Anfangsstellung $\frac{Ho \mid Sm}{Sd \mid Hm}$

I			II			III			IV			V		
461.1	501.1	462.1	519.0	502.6	519.1	516.3	502.0	516.1	476.5	501.1	477.2	473.0	502.0	473.8
513.9	500.8	513.9	470.0	501.1	470.7	473.0	501.0	473.8	519.8	503.0	519.8	519.1	501.0	519.1
468.3	501.0	469.0	520.7	500.9	520.6	521.0	501.9	520.9	472.0	501.7	473.0	470.7	501.0	471.8
517.9	501.0	517.8	473.2	500.9	474.0	475.8	500.9	476.4	524.9	502.0	524.5	519.8	502.8	519.7
468.8	501.0	469.5	520.7	502.5	520.7	523.0	494.3	522.2	481.3	501.0	482.0	475.0	503.0	475.8
518.8	500.8	518.7	472.1	500.9	473.0	469.0	500.8	469.9						
466.2	502.0	467.2				523.0	502.0	522.8						
						471.0	500.5	472.0						
						520.1	502.1	520.0						
l 3_		r 0	l 1◡+0.8..		r $0.8_{\circ}$	l 3_+0.8..		r 0	l 1◡		r $0.8_{\circ}$	l 3_		r 0
l 3_+0.8..		r 0	l 1◡		r $0.8_{\circ}$	l 3_		r 0	l 1◡+0.8..		r $0.8_{\circ}$	l 3_+0.8..		r 0

Anfang $\vartheta_o = 7.86$ $b = 755.27$ $\vartheta_u = 7.86$
Ende $\vartheta_o = 7.86$ $b = 754.84$ $\vartheta_u = 7.86$

6. Juni 1893. Anfangsstellung $\frac{Hm \mid Sd}{Sm \mid Ho}$

I			II			III			IV			V		
521.1	502.4	521.2	471.1	504.3	472.3	527.4	501.6	527.2	477.2	501.4	479.0	527.4	502.0	527.2
469.8	505.8	470.6	526.9	503.1	526.6	475.0	502.7	475.9	526.8	503.4	526.2	475.0	503.0	475.6
526.9	500.2	526.8	477.0	502.0	478.6	527.0	503.8	527.0	476.0	503.0	476.8	527.5	503.4	527.2
468.2	505.8	469.3	528.1	503.0	527.9	475.2	503.8	476.1	527.0	503.5	526.8	476.0	502.9	476.7
528.0	499.6	527.8	476.0	502.9	476.8									
473.0	504.8	474.0												
529.2	501.2	528.9												
477.2	503.0	478.0												
l 1.4..		r 0	l 3_+1◡		r $0.8_{\circ}$	l 1.4..		r 0	l 3_+1◡		r $0.8_{\circ}$	l 1.4..		r 0
l 1.4..		r $0.8_{\circ}$	l 3_+1◡		r 0	l 1.4..		r $0.8_{\circ}$	l 3_+1◡		r 0	l 1.4..		r $0.8_{\circ}$

Anfang $\vartheta_o = 7.96$ $b = 763.77$ $\vartheta_u = 7.96$
Ende $\vartheta_o = 7.96$ $b = 764.40$ $\vartheta_u = 7.96$

9. Juni 1893. Anfangsstellung $\frac{Ho \mid Sm}{Sd \mid Hm}$

I			II			III			IV			V		
480.5	501.8	481.2	477.0	503.0	477.8	533.5	502.9	533.3	480.1	502.1	481.0	486.9	502.0	487.5
530.1	501.0	529.9	527.2	502.8	527.0	487.0	502.1	487.8	531.1	502.7	530.9	533.0	503.0	532.8
480.8	501.1	481.2	477.8	501.8	478.2	535.7	503.0	535.2	479.8	502.1	480.2	492.0	503.0	492.2
532.4	502.8	532.0	527.9	502.9	527.7	489.0	502.2	489.4	528.9	503.0	528.7	489.1	501.9	489.5
484.9	501.0	485.3	481.3	502.5	482.0	534.8	503.7	534.3	479.2	501.8	480.0	537.3	503.0	537.0
533.0	502.9	532.8	477.9	501.5	478.5							492.1	502.1	492.3
485.6	501.8	486.0												
l 3_+1.4..		r 1.	l 1.4..		r 1.	l 3_+1.4..+0.8..		r 1.	l 1.4..		r 1.	l 3_+1.4..		r 1.
l 3_1.4..+0.8..		r 1.	l 1.4..+0.8..		r 1.	l 3_+1.4..		r 1.	l 1.4..+0.8..		r 1.	l 3_+1.4..+0.8..		r 1.

Anfang $\vartheta_o = 7.97$ $b = 762.24$ $\vartheta_u = 7.98$
Ende $\vartheta_o = 8.00$ $b = 761.63$ $\vartheta_u = 7.98$

19. Juni 1893. Anfangsstellung $\frac{Sm \mid Ho}{Hm \mid Sd}$

I			II			III			IV			V		
472.7	501.5	473.5	518.5	502.1	518.5	526.8	502.3	526.8	475.6	501.2	476.5	536.5	502.8	536.0
523.1	500.5	523.0	470.1	501.1	471.0	480.2	501.5	481.0	527.5	502.0	527.1	489.0	501.1	489.6
474.9	501.2	475.6	518.0	502.5	518.0	528.5	502.6	528.3	478.8	501.5	479.2	537.0	502.2	536.5
521.9	502.4	521.8	472.1	501.5	473.0	484.0	501.0	484.3	526.0	502.5	526.0	485.5	502.2	486.0
471.2	502.1	472.1	522.7	502.1	522.6	531.0	502.6	530.8	478.0	501.0	478.7	533.1	503.5	532.7
			474.4	501.7	475.0									
l 1.4..		*r* 1.	*l* 3_+0.8..		*r* 0	*l* 1.4..+0.8..		*r* 1.	*l* 3_		*r* 0	*l* 1.4..+0.8..		*r* 1.
l 1.4..+0.8..		*r* 1.	*l* 3_		*r* 0	*l* 1.4..		*r* 1.	*l* 3_+0.8..		*r* 0	*l* 1.4..		*r* 1.

Anfang $\vartheta_o = 8.33$ $b = 757.92$ $\vartheta_u = 8.18$
Ende $\vartheta_o = 8.36$ $b = 756.29$ $\vartheta_u = 8.19$

---

23. Juni 1893. Anfangsstellung $\frac{Sd \mid Hm}{Ho \mid Sm}$

I			II			III			IV			V		
512.9	506.9	513.6	471.5	501.0	472.3	522.2	502.0	522.0	520.5	502.0	520.4	481.7	501.0	482.1
471.5	501.9	472.4	516.7	500.6	516.6	481.9	500.9	482.3	473.3	500.8	474.1	533.5	502.3	533.0
519.8	502.0	519.8	471.1	502.1	472.0	529.3	502.2	529.0	526.0	502.1	525.7	488.4	501.0	488.9
472.2	503.0	473.0	520.0	499.0	519.9	484.0	501.3	484.8	480.0	500.9	480.3	532.1	502.0	531.9
524.0	502.2	523.9	471.0	501.0	471.9	532.0	502.4	531.5	522.6	501.2	522.3	481.1	501.0	481.9
						484.6	501.1	485.0						
l 3_+1◡+0.8..		*r* 0.8$_\circ$	*l* 1.4..		*r* 0.8$_\circ$	*l* 3_+1◡+0.8..		*r* 0.8$_\circ$	*l* 1.4..+0.8..		*r* 0.8$_\circ$	*l* 3_+1◡		*r* 0.8$_\circ$
l 3_+1◡		*r* 0.8$_\circ$	*l* 1.4..+0.8..		*r* 0.8$_\circ$	*l* 3_+1◡		*r* 0.8$_\circ$	*l* 1.4..		*r* 0.8$_\circ$	*l* 3_+1◡+0.8..		*r* 0.8$_\circ$

Anfang $\vartheta_o = 8.52$ $b = 747.95$ $\vartheta_u = 8.38$
Ende $\vartheta_o = 8.55$ $b = 747.42$ $\vartheta_u = 8.38$

---

28. September 1893. Anfangsstellung $\frac{Ho \mid Sd}{Sm \mid Hm}$

I			II			III			IV			V		
477.1	501.7	477.9	526.2	502.7	526.2	473.1	502.6	474.0	531.7	500.0	531.2	520.0	501.8	520.0
519.2	502.0	519.1	481.8	503.7	482.5	518.7	502.3	518.5	482.3	501.7	483.0	475.1	502.7	476.0
471.8	501.8	472.3	530.7	501.8	530.3	475.7	501.0	476.7	530.8	502.0	530.4	522.0	501.2	522.0
519.7	502.5	519.5	479.7	509.8	480.5	518.8	502.2	518.7	483.8	500.8	484.3	476.5	500.3	477.2
475.3	501.0	476.1	530.1	502.5	529.8									
			484.9	503.7	485.2									
l 3_		*r* 1.	*l* 1◡+0.8..		*r* 0	*l* 3_		*r* 1.	*l* 1◡+0.8..		*r* 0	*l* 3_+0.8..		*r* 1.
l 3_+0.8..		*r* 1.	*l* 1◡		*r* 0	*l* 3_+0.8..		*r* 1.	*l* 1◡		*r* 0	*l* 3_		*r* 1.

Anfang $\vartheta_o = 10.93$ $b = 753.51$ $\vartheta_u = 10.66$
Ende $\vartheta_o = 10.93$ $b = 754.13$ $\vartheta_u = 10.65$

2. October 1893. Anfangsstellung $\frac{Hm}{Sd}\Big|\frac{Sm}{Ho}$

I			II			III			IV			V		
526.7	502.4	526.3	525.9	502.6	525.8	480.9	502.6	481.8	486.8	501.2	487.3	527.7	502.3	527.6
482.6	501.3	483.2	485.0	501.1	485.4	525.8	501.3	525.7	529.3	501.7	529.0	484.2	500.8	485.0
525.1	502.3	525.0	528.9	502.0	528.8	478.9	503.7	479.3	486.2	501.8	486.9	532.5	502.0	531.9
482.0	501.7	482.3	487.0	501.3	487.4	523.0	501.4	522.9	532.2	501.8	531.8	487.0	500.8	487.3
l 1◡+0.8..		*r* 0	*l* 3_+0.8..		*r* 1.	*l* 1◡		*r* 0	*l* 3_		*r* 1.	*l* 1◡+0.8..		*r* 0
l 1◡		*r* 0	*l* 3_		*r* 1.	*l* 1◡+0.8..		*r* 0	*l* 3_+0.8..		*r* 1.	*l* 1◡		*r* 0

Anfang $\vartheta_o = 10.98$ $b = 753.26$ $\vartheta_u = 10^\circ 66$
Ende $\vartheta_o = 11.00$ $b = 753.54$ $\vartheta_u = 10.66$

---

4. October 1893. Anfangsstellung $\frac{Ho}{Sm}\Big|\frac{Sd}{Hm}$

I			II			III			IV			V		
474.7	501.0	475.5	484.5	501.5	485.1	477.2	501.2	478.0	532.5	502.5	532.3	479.2	501.0	480.1
520.1	501.9	520.1	527.9	502.5	527.9	524.0	502.1	523.9	486.0	501.2	486.8	522.2	501.6	522.1
478.8	501.1	479.3	482.1	501.0	482.9	479.1	500.9	479.8	534.1	502.1	534.0	477.4	502.0	478.1
522.1	502.1	522.0	533.9	502.0	533.3	526.7	501.5	526.3	488.6	502.1	489.1	527.0	502.0	526.6
479.9	501.0	480.5	484.2	502.8	484.8	482.0	500.8	482.5	532.2	502.5	532.0	483.0	500.9	483.8
			533.9	502.1	533.5									
l 3_		*r* 1.	*l* 1◡		*r* 0	*l* 3_		*r* 1.	*l* 1◡+0.8..		*r* 0	*l* 3_		*r* 1.
l 3_+0.8..		*r* 1.	*l* 1◡+0.8..		*r* 0	*l* 3_+0.8..		*r* 1.	*l* 1◡		*r* 0	*l* 3_+0.8..		*r* 1.

Anfang $\vartheta_o = 11^\circ 04$ $b = 744.55$ $\vartheta_u = 10^\circ 70$
Ende $\vartheta_o = 11.04$ $b = 744.53$ $\vartheta_u = 10.70$

---

5. October 1893. Anfangsstellung $\frac{Hm}{Sd}\Big|\frac{Sm}{Ho}$

I			II			III			IV			V		
524.0	501.5	523.9	530.1	502.3	529.9	481.2	503.0	481.9	486.0	501.2	486.6	525.3	500.5	525.1
481.7	501.1	482.1	487.3	501.0	487.9	524.7	502.2	524.2	530.1	502.3	530.0	483.2	501.2	484.0
523.9	502.1	523.7	532.3	502.2	532.0	485.5	502.0	486.0	487.8	501.0	488.1	529.7	501.8	529.2
			492.0	501.0	492.1	527.7	502.2	527.3	531.2	502.1	531.0	484.9	501.4	485.3
l 1◡+0.8..		*r* 0	*l* 3_+0.8..		*r* 1.	*l* 1◡		*r* 0	*l* 3_		*r* 1.	*l* 1◡+0.8..		*r* 0
l 1◡		*r* 0	*l* 3_		*r* 1.	*l* 1◡+0.8..		*r* 0	*l* 3_+0.8..		*r* 1.	*l* 1◡		*r* 0

Anfang $\vartheta_o = 11.03$ $b = 748.29$ $\vartheta_u = 10.70$
Ende $\vartheta_o = 11.05$ $b = 749.37$ $\vartheta_u = 10.71$

7. October 1893. Anfangsstellung $\dfrac{Ho}{Sm}\Big|\dfrac{Sd}{Hm}$

I			II			III			IV			V		
492.1	487.5	492.1	489.1	501.7	489.8	480.1	500.8	481.0	488.5	502.0	489.1	482.9	501.0	483.2
521.0	502.5	521.0	533.0	502.7	532.9	524.8	502.6	524.8	535.1	503.0	534.9	526.5	502.0	526.2
480.3	501.1	481.0	489.2	501.1	489.7	480.9	501.0	481.7	489.1	502.9	489.7	480.0	501.0	480.5
523.1	502.5	523.0	537.7	502.5	537.4	526.2	502.0	526.1	535.1	502.0	535.0	523.0	502.0	523.0
l 3_		*r* 1.	*l* 1◡		*r* 0	*l* 3_		*r* 1.	*l* 1◡		*r* 0	*l* 3_		*r* 1.
l 3_+0.8..		*r* 1.	*l* 1◡+0.8..		*r* 0	*l* 3_+0.8..		*r* 1.	*l* 1◡+0.8..		*r* 0	*l* 3_+0.8..		*r* 1.

Anfang $\vartheta_o = 11^\circ05$ $b = 755.68$ $\vartheta_u = 10^\circ74$
Ende $\vartheta_o = 11.07$ $b = 755.10$ $\vartheta_u = 10.74$

---

9. October 1893. Anfangsstellung $\dfrac{Hm}{Sd}\Big|\dfrac{Sm}{Ho}$

I			II			III			IV			V		
480.1	501.5	480.8	540.3	503.0	539.9	537.7	501.9	537.3	487.1	501.2	487.9	483.7	502.0	484.3
533.9	502.9	533.3	488.9	501.6	489.3	486.6	501.8	487.0	542.7	501.9	542.0	535.5	502.5	535.1
483.2	501.8	483.9	541.2	502.9	540.8	540.1	502.4	539.8	485.0	502.1	485.4	485.5	501.4	485.9
534.0	502.7	533.7	485.7	501.4	486.3	487.0	501.4	487.2	542.1	503.0	541.8	539.9	502.7	539.2
l 1◡		*r* 0	*l* 3_		*r* 0	*l* 3_		*r* 1.	*l* 3_		*r* 1.	*l* 1◡		*r* 0
l 3_		*r* 1.	*l* 3_		*r* 1.	*l* 1◡		*r* 0	*l* 3_		*r* 0	*l* 3_		*r* 1.

Anfang $\vartheta_o = 11^\circ09$ $b = 755.67$ $\vartheta_u = 10^\circ75$
Ende $\vartheta_o = 11.13$ $b = 755.21$ $\vartheta_u = 10.76$

---

10. October 1893. Anfangsstellung $\dfrac{Sd}{Hm}\Big|\dfrac{Ho}{Sm}$

I			II			III			IV			V		
517.5	499.1	517.3	517.3	502.4	517.3	516.5	502.0	516.8	518.9	499.8	519.0	513.5	502.0	513.6
472.0	500.3	472.9	474.0	501.7	475.0	474.4	500.9	475.1	472.6	500.2	473.3	472.9	501.0	473.5
514.5	502.1	514.5	515.5	502.0	515.5	517.5	501.8	517.5	517.0	501.9	517.0	518.0	501.8	517.8
473.3	500.9	474.0	474.3	501.0	475.1	472.7	501.0	473.3	473.6	500.1	474.3	475.1	500.9	475.9
l 3_+0.8..		*r* 1.+1.4.	*l* 3_+1◡+0.8..			*l* 3_+0.8..		*r* 1.+1.4.	*l* 3_+1◡+0.8..			*l* 3_+0.8..		*r* 1.+1.4.
l 3_		*r* 1.+1.4.			*r* 1.4.+$0.8_\circ$	*l* 3_		*r* 1.+1.4.			*r* $0.8_\circ$+1.4.	*l* 3_		*r* 1.+1.4.
			l 3_+1◡		*r* 1.4.+$0.8_\circ$				*l* 3_+1◡		*r* $0.8_\circ$+1.4.			

Anfang $\vartheta_o = 11^\circ18$ $b = 757.15$ $\vartheta_u = 10^\circ78$
Ende $\vartheta_o = 11.19$ $b = 757.89$ $\vartheta_u = 10.78$

11. October 1893. Anfangsstellung $\frac{Sm \mid Hm}{Ho \mid Sd}$

I	II	III	IV	V
528.6 503.0 528.4	472.8 501.2 473.9	478.0 501.7 478.8	533.1 501.8 532.9	536.2 503.0 536.0
477.2 501.2 478.0	531.3 500.2 531.0	532.3 502.5 532.0	477.7 502.2 478.2	479.8 501.4 480.2
534.0 501.4 533.6	480.0 500.9 480.6	483.3 501.0 483.9	531.0 501.6 530.8	538.1 502.7 537.9
476.9 501.9 477.5	526.9 502.2 526.8	537.8 502.1 537.2	478.7 501.4 479.1	485.2 501.0 485.9
	476.8 501.4 477.2			
l 3_+0.8.. *r* 1.	*l* 0.8.. *r* 0	*l* 1◡+0.8.. *r* 0	*l* 1◡+0.8.. *r* 0	*l* 3_+0.8.. *r* 1.
l 1◡+0.8.. *r* 0	*l* 0.8..+1◡ *r* 0	*l* 3_+0.8.. *r* 1.	*l* 0.8.. *r* 0	*l* 1◡+0.8.. *r* 0

Anfang $\vartheta_o = 11^\circ21$ $b = 761.79$ $\vartheta_u = 10^\circ80$
Ende $\vartheta_o = 11.22$ $b = 761.39$ $\vartheta_u = 10.80$

---

13. October 1893. Anfangsstellung $\frac{Sd \mid Ho}{Hm \mid Sm}$

I	II	III	IV	V[2]
489.0 502.0 489.7	521.0 502.2 521.0	537.0 502.6 537.0	523.4 502.2 523.5	537.2 502.9 537.1
531.8 502.6 531.7	481.9 501.0 482.5	494.8 501.2 495.2	487.5 501.0 488.1	493.0 501.6 493.4
488.2 501.2 488.9	528.9 502.0 529.0	540.9 502.8 540.7	523.2 502.0 523.3	539.5 500.8 539.3
535.1 502.6 534.9	484.5 500.9 485.1	492.9 503.2 493.2	486.0 501.0 486.7	494.1 502.0 494.5
487.7 502.8 488.2				
l 1◡ *r* 0	*l* 3_+0.8.. *r* 1.	*l* 1◡+0.8.. *r* 0	1 u. 3) *l* 3_+0.8.. *r* 1.	*l* 1◡+0.8.. *r* 0
l 1◡+0.8.. *r* 0	*l* 3_ *r* 1.	*l* 1◡ *r* 0	2) *l* 3_ *r* 1.	*l* 1◡+0.8.. *r* 0.8_0
			4[1]) *l* 3_+0.8.. *r* 1.+0.8_0	

Anfang $\vartheta_o = 11^\circ21$ $b = 760.80$ $\vartheta_u = 10^\circ85$
Ende $\vartheta_o = 11.21$ $b = 760.23$ $\vartheta_u = 10.85$

[1] Auf Aequilibrirung II zu transformiren. [2] Auf Aequilibrirung I und III zu transformiren.

---

18. October 1893. Anfangsstellung $\frac{Sm \mid Hm}{Ho \mid Sd}$

I	II	III	IV	V
527.1 500.0 527.0	525.0 500.8 524.8	472.5 500.5 473.2	473.0 499.7 473.9	529.0 501.2 528.8
473.8 500.0 474.4	470.8 501.4 471.8	531.9 496.9 531.6	553.8 474.2 552.0	477.8 499.7 478.2
527.6 501.2 527.2	526.0 500.3 525.9	474.9 500.0 475.7	474.9 499.5 475.7	531.3 501.0 531.0
474.0 500.2 474.8	473.0 500.2 473.8	529.1 501.0 528.9	525.1 501.0 524.9	477.9 499.2 478.3
l 3_ *r* 0	*l* 3_ *r* 1.	*l* 3_ *r* 1.	*l* 1◡ *r* 0	*l* 3_ *r* 0
l 3_ *r* 1.	*l* 1◡ *r* 0	*l* 3_ *r* 0	*l* 3_ *r* 1.	*l* 3_ *r* 1.

Anfang $\vartheta_o = 11.23$ $b = 761.10$ $\vartheta_u = 10.91$
Ende $\vartheta_o = 11.22$ $b = 762.09$ $\vartheta_u = 10.91$

19. October 1893. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Hm}\Big|\frac{Ho}{Sm}$

I	II	III	IV	V
523.3 503.0 523.3	524.8 502.4 524.8	528.0 502.5 527.9	524.4 502.0 524.4	524.0 502.4 524.0
482.1 500.9 482.9	483.3 501.0 484.0	485.9 501.2 486.4	479.9 501.1 480.4	487.7 501.0 488.0
528.3 502.2 528.1	526.9 502.1 526.8	526.0 502.6 525.9	526.7 502.0 526.5	527.2 502.0 527.0
483.5 500.6 484.0	480.3 502.0 480.9	484.9 501.2 485.3	483.2 500.8 483.9	487.0 501.1 487.3
l 1$_{\smile}$+0.8.. r 0	l 3_ r 0	l 1$_{\smile}$+0.8.. r 0	l 3_ r 0	l 1$_{\smile}$+0.8.. r 0
l 1$_{\smile}$ r 0	l 3_ r 0.8$_{\circ}$	l 1$_{\smile}$ r 0	l 3_ r 0.8$_{\circ}$	l 1$_{\smile}$ r 0

Anfang $\vartheta_o = 11.^\circ 18$ $b = 767.80$ $\vartheta_u = 10.^\circ 93$
Ende $\vartheta_o = 11.18$ $b = 767.61$ $\vartheta_u = 10.93$

---

24. November 1893. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Ho}\Big|\frac{Hm}{Sd}$

I	II	III	IV	V
517.8 502.2 517.9	512.3 502.0 512.5	519.9 502.0 519.9	515.1 500.7 514.9	521.2 502.2 521.0[1]
486.0 501.1 486.6	483.3 501.8 484.0	487.1 501.1 487.8	482.5 501.2 483.1	491.3 502.1 492.0
516.0 502.1 516.0	515.3 502.5 515.1	520.1 502.0 520.0	515.9 502.1 515.9	522.0 501.6 521.9
486.0 501.0 486.4	485.0 500.5 485.5	491.1 501.3 491.8	479.0 501.0 479.8	487.1 503.4 487.7
		520.4 501.9 520.1		
		486.9 501.0 487.2		
l 3_ r 0.8$_{\circ}$	l 3_+1$_{\smile}$ r 0.8$_{\circ}$	l 3_ r 0.8$_{\circ}$	l 3_+1$_{\smile}$ r 0.8$_{\circ}$	l 3_ r 0.8$_{\circ}$
l 1.4..+1$_{\smile}$ r 0.8$_{\circ}$	l 3_+1$_{\smile}$ r 1.4.	l 1.4..+1$_{\smile}$ r 0.8$_{\circ}$	l 3_+1$_{\smile}$ r 1.4.	l 1.4..+1$_{\smile}$ r 0.8$_{\circ}$

Anfang $\vartheta_o = 9.^\circ 79$ $b = 757.38$ $\vartheta_u = 9.^\circ 85$
Ende $\vartheta_o = 9.78$ $b = 757.22$ $\vartheta_u = 9.86$

[1] wegen Nullpunktsverrückung —0.3 zu corrigiren.

---

29. November 1893. Anfangsstellung $\frac{Ho}{Sp}\Big|\frac{Sd}{Hm}$

I	II	III	IV	V
502.2 478.0 502.0	512.2 467.9 511.6	478.1 501.0 479.1	475.4 501.0 476.2	481.0 501.9 482.0
527.1 499.3 526.8	520.1 502.2 520.0	526.4 502.0 526.2	523.8 502.1 523.6	525.0 502.4 524.8
480.1 501.4 481.0	476.9 501.2 477.6	478.8 500.9 479.5	479.0 501.7 479.8	482.9 501.2 483.3
527.8 500.4 527.4	522.5 502.0 522.4	525.6 502.2 525.2	524.0 501.8 523.9	528.1 502.3 528.0
l 3_ r 1.4.	l 1.4..+1$_{\smile}$ r 0	l 3_ r 1.4.	l 1.4..+1$_{\smile}$ r 0	l 3_ r 1.4.
l 3_+0.8.. r 1.4.	l 1.4..+1$_{\smile}$+0.8.. r 0	l 3_+0.8.. r 1.4.	l 1.4..+1$_{\smile}$+0.8.. r 0	l 3_+0.8.. r 1.4.

Anfang $\vartheta_o = 9.^\circ 66$ $b = 762.92$ $\vartheta_u = 9.^\circ 74$
Ende $\vartheta_o = 9.65$ $b = 762.89$ $\vartheta_u = 9.76$

17. Januar 1894. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Hm} \Big| \frac{Ho}{Sd}$

I[1]	II	III	IV	V
496.5 482.0 496.5	484.2 502.1 485.0	526.1 502.1 526.0	536.0 502.0 535.5	527.0 502.0 526.8
521.7 504.0 521.7	529.7 504.0 529.5	478.2 502.0 479.2	488.0 501.9 488.8	481.0 501.9 481.7
477.1 502.6 478.0	482.6 502.1 483.4	526.1 502.2 526.0	535.2 502.0 534.9	527.9 502.1 527.7
523.1 503.0 523.1	532.0 502.8 531.8	480.9 501.9 481.7	487.5 502.2 488.3	480.2 502.0 480.9
	487.2 502.1 487.8			
l 3_ r 1.+1.4. l 3_+0.8.. r 1.+1.4.	l 3_+1◡ r 0 l 3_+1◡+0.8.. r 0	l 3_+0.8.. r 1.+1.4. l 3_ r 1.+1.4.	l 3_+1◡+0.8.. r 0 l 3_+1◡ r 0	l 3_+0.8.. r 1.+1.4. l 3_ r 1.+1.4.

Anfang $\vartheta_o = 7^\circ.34$ $b = 758.22$ $\vartheta_u = 7^\circ.70$
Ende $\vartheta_o = 7.35$ $b = 757.90$ $\vartheta_u = 7.70$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung um −0.9 zu corrigiren.

---

22. Januar 1894. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Ho} \Big| \frac{Hm}{Sp}$

I[1]	II	III	IV	V
536.4 503.3 536.1	474.0 501.6 474.8	470.0 502.0 471.0[2]	534.0 503.2 533.8	474.4 501.1 475.1
478.2 502.7 479.0	529.0 503.1 528.9	527.1 502.6 527.1	477.7 501.5 478.2	529.0 502.6 528.8
540.0 503.8 539.4	474.1 501.1 475.0	471.9 501.3 472.8	536.0 502.8 535.7	471.0 503.3 472.0
480.7 502.1 481.5	531.2 502.8 531.1	528.5 502.9 528.4	474.4 502.0 475.3	532.1 502.8 531.8
541.1 503.6 540.9		473.4 501.0 474.2	534.0 502.8 533.7	
l 3_+1◡+0.8.. r 0 l 3_+0.8.. r 0	l 3_ r 1.+1.4. l 3_ r 1.4.	l 3_+1.4.. r 0.8₀ l 3_+1.4..+1◡ r 0.8₀	l 3_ r 1.4. l 3_ r 1.4.+1.	l 3_+1.4.. r 0.8₀ l 3_+1.4..+1◡ r 0.8₀

Anfang $\vartheta_o = 7^\circ.56$ $b = 755.05$ $\vartheta_u = 7^\circ.77$
Ende $\vartheta_o = 7.57$ $b = 754.11$ $\vartheta_u = 7.77$

[1] auf Aeq. III u. V zu transformiren. [2] wegen Nullpunktsverschiebung −0.4 zu corrigiren.

---

14. Februar 1894. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Ho} \Big| \frac{Hm}{Sd}$

I[1]	II	III	IV	V
534.3 504.0 534.2	523.1 504.0 523.1	478.2 502.0 479.0	527.5 503.1 527.5	530.5 503.0 530.1
484.1 502.9 484.9	476.7 502.1 477.5	527.7 501.6 527.7	477.1 502.1 477.9	478.8 501.6 479.5
534.2 503.6 534.0	528.0 502.6 527.8	477.1 505.9 478.0	529.9 502.5 529.9	529.5 503.0 529.4
486.7 503.7 487.5	475.1 502.7 476.1	525.5 503.5 525.5	482.1 501.9 482.8	480.4 501.6 480.9
538.1 504.0 538.0	525.8 501.9 525.7	481.1 502.0 482.0	529.8 502.8 529.5	
490.0 503.5 490.8			477.5 503.1 478.1	
l 9.+0.8.. r 1.+3= l 9. r 1.+3=	l 9.+1◡ r 3= l 9.+1◡ r 3=+0.8₀	l 9.+1◡ r 0.8₀+1.4.+3= l 9.+1◡ r 1.4.+3=	l 9.+1◡ r 3= l 9.+1◡ r 3=+0.8₀	l 9.+1◡ r 1.4.+3= l 9.+1◡ r 1.4.+3=+0.8₀

Anfang $\vartheta_o = 7^\circ.75$ $b = 753.94$ $\vartheta_u = 7^\circ.95$
Ende $\vartheta_o = 7.75$ $b = 753.88$ $\vartheta_u = 7.95$

[1] Auf die Aequilibrirung III und V zu transformiren.

21. Februar 1894. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Hm} \Big| \frac{Ho}{Sp}$

I	II	III	IV	V
475.2 502.5 475.5	477.5 503.1 478.1	533.0 503.5 532.9	482.8 502.0 483.3	530.2 503.2 530.1
525.1 503.4 525.5	529.5 503.1 529.6	481.0 503.0 481.2	532.1 503.2 532.2	484.2 502.0 485.0
478.9 502.1 479.2	477.0 502.1 477.9	532.2 503.1 532.0	482.5 502.2 482.9	532.9 502.5 532.5
528.7 503.4 529.1	530.5 503.2 530.4	483.3 502.1 484.0	532.0 502.6 532.0	486.0 502.0 486.6
477.5 503.0 478.1	483.9 502.2 484.5	531.4 503.0 530.5	481.4 502.0 481.9	
530.8 503.5 530.3	479.8 502.0 480.1			
	530.2 503.1 529.9			
	482.3 502.1 483.0			
l 9.+$1_{\smile}$ r 0.$8_{\circ}$+$3_{=}$	l 9.+0.8..	l 9.+$1_{\smile}$ r $3_{=}$	l 9.+0.8..	l 9.+$1_{\smile}$ r $3_{=}$
l 9.+$1_{\smile}$ r $3_{=}$	r 0.$8_{\circ}$+1.+$3_{=}$	l 9.+$1_{\smile}$ r $3_{=}$+0.$8_{\circ}$	r 0.$8_{\circ}$+1.+$3_{=}$	l 9.+$1_{\smile}$ r $3_{=}$+0.$8_{\circ}$
	l 9.+0.8.. r 1.+$3_{=}$		l 9.+0.8.. r 1.+$3_{=}$	

Anfang $\vartheta_o = 7^\circ.27$ $b = 770.68$ $\vartheta_u = 7^\circ.65$
Ende $\vartheta_o = 7.26$ $b = 768.98$ $\vartheta_u = 7.66$

24. Februar 1894. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Ho} \Big| \frac{Hm}{Sd}$

I	II	III	IV	V
463.0 501.6 463.8	532.0 501.3 531.9	466.4 502.0 467.3	527.0 502.1 526.8	470.0 501.9 470.4
525.5 502.2 525.7	468.3 502.5 469.8	530.3 502.5 530.1	466.8 502.0 467.3	528.9 503.0 528.7
467.5 501.1 468.0	529.8 502.5 529.8	471.0 500.6 471.8	532.0 502.0 532.0	472.0 501.7 472.9
524.8 503.0 524.8	467.5 501.0 468.0	529.0 503.0 528.9	471.0 501.9 472.0	529.4 502.6 529.5
469.0 501.1 469.6	524.6 502.3 524.8	468.4 499.9 469.0	524.0 502.2 523.8	468.0 501.2 468.9
527.0 503.0 526.9	464.0 501.2 465.2		529.0 501.6 528.6	
466.4 501.0 467.1	528.1 501.7 528.0			
l 9. r 1.4.+$3_{=}$	l 9.+$1_{\smile}$ r $3_{=}$	l 9. r 1.4.+$3_{=}$	l 9.+$1_{\smile}$ r $3_{=}$	l 9. r 1.4.+$3_{=}$
l 9.+$1_{\smile}$ r 1.4.+$3_{=}$	l 9. r $3_{=}$	l 9.+$1_{\smile}$ r 1.4.+$3_{=}$	l 9. r $3_{=}$	l 9.+$1_{\smile}$ r 1.4.+$3_{=}$

Anfang $\vartheta_o = 7^\circ.16$ $b = 755.49$ $\vartheta_u = 7^\circ.50$
Ende $\vartheta_o = 7.15$ $b = 753.93$ $\vartheta_u = 7.50$

26. Februar 1894. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Hm} \Big| \frac{Ho}{Sp}$

I	II	III	IV	V
531.7 502.5 531.3[1]	472.6 501.2 473.5	525.7 502.9 525.5	479.0 501.6 480.0	525.6 502.9 525.5
473.5 501.9 474.3	522.1 503.0 522.1	474.1 501.9 474.9	525.3 502.7 525.3	481.4 502.0 481.9
523.5 502.5 523.5	471.0 502.0 472.0	527.4 502.9 527.3	478.9 501.1 479.3	524.9 503.0 525.0
472.0 501.1 473.6	523.8 502.6 524.0	476.8 501.2 477.3	523.1 502.7 523.1	480.0 503.0 480.5
523.3 502.9 523.1	475.0 500.9 475.5	528.6 502.1 528.3	476.8 502.0 477.5	530.4 502.8 529.9
1) l 9.+$1_{\smile}$ r $3_{=}$[1]	l 9.+$1_{\smile}$	l 9.+0.8.. r $3_{=}$	l 9.+$1_{\smile}$	l 9.+0.8.. r $3_{=}$
2 u. 4) l 9. r $3_{=}$	r 0.$8_{\circ}$+1.4.+$3_{=}$	l 9. r $3_{=}$	r 0.$8_{\circ}$+1.4.+$3_{=}$	l 9. r $3_{=}$
3 u. 5) l 9.+0.8.. r $3_{=}$	l 9.+$1_{\smile}$ r 1.4.+$3_{=}$		l 9.+$1_{\smile}$ r 1.4.+$3_{=}$	

Anfang $\vartheta_o = 7^\circ.17$ $b = 752.70$ $\vartheta_u = 7^\circ.48$
Ende $\vartheta_o = 7.20$ $b = 754.48$ $\vartheta_u = 7.48$

[1] auf Aequilibrirung I 3) und 5) zu transformiren.

28. Februar 1894. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Ho}\Big|\frac{Hm}{Sd}$

I	II	III	IV	V
469.1 501.6 470.0	519.2 502.1 519.2	521.9 502.0 521.9	523.3 502.5 523.2	523.0 502.1 523.0
520.9 501.8 520.8	472.8 501.2 473.4	470.1 501.1 470.9	470.2 502.1 471.2	478.5 502.0 479.0
472.9 500.8 473.5	519.5 502.2 519.6	522.6 502.0 522.6	520.0 501.3 519.8	522.0 502.0 522.0
520.0 499.6 519.9	474.8 501.0 475.4	477.9 501.3 478.3	475.9 501.0 476.6	472.4 501.7 473.0
468.0 501.5 469.0	520.0 502.5 520.0	475.6 501.5 476.4		
	469.5 501.3 470.3			
l 9. *r* 1.4.+$3_=$ *l* 9.+0.8.. *r* 1.4.+$3_=$	*l* 9.+0.8.. *r* $3_=$ *l* 9. *r* $3_=$	*l* 9.+0.8.. *r* 1.4.+$3_=$ *l* 9. *r* 1.4.+$3_=$	*l* 9.+0.8.. *r* $3_=$ *l* 9. *r* $3_=$	*l* 9.+0.8.. *r* 1.4.+$3_=$ *l* 9. *r* 1.4.+$3_=$

Anfang $\vartheta_o = 7.^{\circ}24$ $b = 760.86$ $\vartheta_u = 7.^{\circ}48$
Ende $\vartheta_o = 7.26$ $b = 759.68$ $\vartheta_u = 7.48$

---

2. März 1894. Anfangsstellung $\frac{Ho}{Sp}\Big|\frac{Sd}{Hm}$

I	II	III	IV	V
460.8 501.2 461.8	527.0 501.9 526.9	526.9 502.5 526.6	469.1 501.8 470.1	528.8 502.6 528.6
522.2 502.3 522.3	470.1 501.4 471.0	469.4 501.0 470.2	528.9 502.5 528.9	468.3 502.0 469.3
466.1 501.3 467.0	529.0 502.0 529.0	523.0 502.8 523.0	473.7 501.3 474.2	529.0 502.9 529.0
521.8 503.0 521.6	466.4 501.0 467.4	466.0 501.0 467.0	528.0 502.0 528.0	468.9 501.0 469.8
465.7 500.2 466.5	529.0 502.8 528.9	524.1 502.4 524.1	469.3 500.9 470.2	
	471.6 501.0 472.5			
l 9. *r* 1.4.+$3_=$ *l* 9.+$1_\smile$ *r* 1.4.+$3_=$	*l* 9.+1.4..+0.8.. *r* 1.4.+$3_=$ *l* 9.+1.4..+0.8.. *r* 1.4.+$3_=$+1.	*l* 9.+$1_\smile$ *r* 1.4.+$3_=$ *l* 9. *r* 1.4.+$3_=$	*l* 9.+1.4..+0.8.. *r* 1.+1.4.+$3_=$ *l* 9.+1.4..+0.8.. *r* 1.4.+$3_=$	*l* 9.+$1_\smile$ *r* 1.4.+$3_=$ *l* 9. *r* 1.4.+$3_=$

Anfang $\vartheta_o = 7.^{\circ}26$ $b = 760.34$ $\vartheta_u = 7.^{\circ}48$
Ende $\vartheta_o = 7.27$ $b = 760.75$ $\vartheta_u = 7.49$

---

7. März 1894. Anfangsstellung $\frac{Hm}{Sd}\Big|\frac{Sp}{Ho}$

I[1]	II	III	IV	V
475.9 501.4 476.9	483.7 501.3 484.1	479.9 501.1 480.5	532.2 502.5 532.0	481.3 503.5 482.0
522.1 502.6 522.1	530.8 502.5 530.7	528.4 502.8 528.2	483.0 502.3 483.5	528.2 502.5 528.2
478.0 502.0 478.5	481.6 501.8 482.2	482.3 501.7 483.0	529.0 503.0 528.8	478.4 501.5 479.2
526.7 502.4 526.6	530.5 502.6 530.3	529.6 502.0 529.2	486.0 501.0 486.7	530.1 502.1 530.0
478.0 501.1 478.8		484.9 500.9 485.1	534.0 502.3 533.9	482.5 502.9 483.0
526.0 502.2 525.9				
l 9.+$1_\smile$ *r* 0.8_0+$3_=$ *l* 9.+$1_\smile$ *r* $3_=$	*l* 9.+$1_\smile$ *r* 0.8_0+1.4.+$3_=$ *l* 9.+$1_\smile$ *r* 1.4.+$3_=$	*l* 9.+1.4..+$1_\smile$ *r* 0.8_0+1.4.+$3_=$ *l* 9.+1.4..+$1_\smile$ *r* 1.4.+$3_=$	*l* 9.+$1_\smile$ *r* 1.4.+$3_=$ *l* 9.+$1_\smile$ *r* 0.8_0+1.4.+$3_=$	*l* 9.+1.4..+$1_\smile$ *r* 0.8_0+1.4.+$3_=$ *l* 9.+1.4..+$1_\smile$ *r* 1.4.+$3_=$

Anfang $\vartheta_o = 7.30$ $b = 744.56$ $\vartheta_u = 7.53$
Ende $\vartheta_o = 7.33$ $b = 745.82$ $\vartheta_u = 7.53$

[1] auf die Aequilibrirung III und V zu transformiren.

10. März 1894. Anfangsstellung $\frac{Ho}{Sp}\Big|\frac{Sd}{Hm}$

I			II			III			IV			V		
460.5	501.1	461.5	536.8	503.1	536.6	463.8	501.0	464.6	538.0	502.5	537.9	468.6	501.0	469.5
521.4	502.9	521.3	479.1	501.1	479.9	524.3	502.3	524.2	480.2	501.0	481.0	528.6	502.4	528.4
464.9	499.0	465.8	535.2	503.0	534.9	466.1	501.0	467.1	539.5	502.5	539.1	465.0	501.0	466.0
520.4	502.6	520.5	479.0	501.3	479.5	526.6	501.4	526.3	483.6	500.9	484.0	528.0	502.6	527.8
463.0	501.0	463.9				467.2	500.9	468.0	543.0	502.0	542.6	465.0	501.0	465.8
l 9. *r* 1.4.+3= *l* 9.+1◡ *r* 1.4.+3=			*l* 9.+1.4..+1◡ *r* 1.4.+3= *l* 9.+1.4.. *r* 1.4.+3=			*l* 9. *r* 1.4.+3= *l* 9.+1◡ *r* 1.4.+3=			*l* 9.+1.4..+1◡ *r* 1.4.+3= *l* 9.+1.4.. *r* 1.4.+3=			*l* 9. *r* 1.4.+3= *l* 9.+1◡ *r* 1.4.+3=		

Anfang $\vartheta_o = 7.34$ $b = 749.60$ $\vartheta_u = 7.56$
Ende $\vartheta_o = 7.34$ $b = 748.75$ $\vartheta_u = 7.56$

---

12. März 1894. Anfangsstellung $\frac{Hm}{Sd}\Big|\frac{Sp}{Ho}$

I			II			III			IV			V		
482.5	501.5	483.1	484.5	501.1	485.0	518.6	501.1	518.8	488.2	502.6	489.0	487.9	501.0	488.2
512.8	502.1	512.9	520.5	502.1	520.6	484.5	501.4	485.0	524.6	502.0	524.5	517.5	503.0	517.6
481.5	501.6	482.1	488.9	501.6	489.2	519.7	502.0	519.6	482.4	501.0	483.0	484.5	502.2	485.1
516.0	501.9	516.1	521.5	501.7	521.5	487.0	501.3	487.5	523.8	502.0	523.7	522.1	502.0	522.0
481.6	501.5	482.1	487.0	502.0	487.6	520.6	501.2	520.5	484.9	502.7	485.5	483.1	502.5	483.8
495.2	522.1	496.7							524.9	502.0	524.7			
l 9.+1◡ *r* 0.8$_0$+3= *l* 9. *r* 0.8$_0$+1.4.			*l* 9.+1◡ *r* 0.8$_0$+1.4.+3= *l* 9.+0.8.. *r* 1.4.+3=			*l* 9. *r* 0.8$_0$+1.4. *l* 9.+1◡ *r* 0.8$_0$+3=			*l* 9.+1◡ *r* 0.8$_0$+1.4.+3= *l* 9.+0.8.. *r* 1.4.+3=			*l* 9.+1◡ *r* 0.8$_0$+3= *l* 9. *r* 0.8$_0$+1.4.		

Anfang $\vartheta_o = 7.36$ $b = 751.21$ $\vartheta_u = 7.56$
Ende $\vartheta_o = 7.37$ $b = 750.90$ $\vartheta_u = 7.57$

---

16. März 1894. Anfangsstellung $\frac{Ho}{Sp}\Big|\frac{Sd}{Hm}$

I			II			III			IV			V		
511.0	502.3	511.1	478.0	501.5	478.9	513.0	501.4	513.0	516.9	501.1	517.0	474.1	502.1	475.0
475.7	501.9	476.5	514.0	500.9	514.0	474.8	501.2	475.5	477.7	502.1	478.3	516.0	501.8	516.0
513.2	502.5	513.4	480.2	501.5	481.0	512.8	502.0	513.0	514.8	501.6	514.8	477.2	501.4	478.0
475.0	501.9	476.0	513.0	502.3	513.0	475.0	501.0	475.8	479.0	501.3	479.9	519.0	501.0	518.8
513.1	501.6	513.0	480.2	502.0	481.0	519.1	502.1	519.0	515.9	501.0	515.8			
l 9.+0.8.. *r* 1.4.+3= *l* 9.+1◡ *r* 0.8$_0$+1.4.+3=			*l* 9.+1.4.. *r* 1.4.+3= *l* 9.+1.4.. *r* 0.8$_0$+3=			*l* 9.+0.8.. *r* 1.4.+3= *l* 9.+1◡ *r* 0.8$_0$+1.4.+3=			*l* 9.+1.4.. *r* 0.8$_0$+3= *l* 9.+1.4.. *r* 1.4.+3=			*l* 9.+1◡ *r* 0.8$_0$+1.4.+3= *l* 9.+0.8.. *r* 1.4.+3=		

Anfang $\vartheta_o = 7.38$ $b = 749.26$ $\vartheta_u = 7.59$
Ende $\vartheta_o = 7.38$ $b = 749.53$ $\vartheta_u = 7.59$

19. März 1894. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Ho}\Big|\frac{Hm}{Sd}$

I	II	III	IV	V
524.3 502.9 524.2	579.6 501.7 480.2	528.0 502.2 527.9	483.9 502.0 484.3	485.7 501.9 486.1
474.0 501.6 475.0	526.0 503.1 525.9	480.0 501.2 480.9	530.5 503.0 530.5	531.8 503.0 531.3
524.0 503.0 523.9	480.1 501.5 481.0	530.6 502.2 530.3	487.9 502.0 488.1	482.3 501.4 483.1
476.5 501.8 477.4	529.5 502.1 529.2	481.0 500.5 481.8	530.1 502.9 529.9	532.0 502.1 531.8
527.9 502.8 527.8	481.0 501.7 481.5	530.3 502.8 530.1	485.9 501.0 486.5	486.1 500.8 486.8
			530.9 502.6 530.8	
l 9.+1∪ *r* 1.4.+3= *l* 9.+1∪ *r* 0.8_0+1.4.+3=	*l* 9.+1∪ *r* 0.8_0+3= *l* 9.+1∪ *r* 3=	*l* 9.+1∪ *r* 1.4.+3= *l* 9.+1∪ *r* 0.8_0+1.4.+3=	*l* 9.+1∪ *r* 0.8_0+3= *l* 9.+1∪ *r* 3=	*l* 9.+1∪ *r* 0.8_0+1.4.+3= *l* 9.+1∪ *r* 1.4.+3=

Anfang $\vartheta_o = 7{^\circ}37$ $b = 765.36$ $\vartheta_u = 7{^\circ}58$
Ende $\vartheta_o = 7.36$ $b = 764.34$ $\vartheta_u = 7.58$

---

2. April 1894. Anfangsstellung $\frac{Ho}{Sd}\Big|\frac{Sp}{Hm}$

I	II	III	IV	V
510.0 473.0 509.6	524.6 502.0 524.5	486.8 503.0 487.3	525.7 502.7 525.6	527.1 502.4 526.9
519.1 503.0 519.0	488.8 503.3 489.3	524.8 502.8 524.6	493.4 501.6 493.8	492.2 501.6 492.6
484.5 501.8 485.1	525.0 502.4 524.9	485.2 501.9 485.9	529.8 502.8 529.7	525.9 501.5 525.9
519.0 502.8 519.0	493.4 501.6 493.9	523.0 502.9 523.0	496.5 503.0 497.0	492.4 502.7 492.7
484.2 501.7 484.8	489.2 502.0 489.8	488.1 501.9 488.6		
	525.7 502.6 525.6			
l 9.+0.8.. *r* 1.+1.4. *l* 9. *r* 1.	*l* 3_+1.4..+1∪ *r* 0.8_0 *l* 3_+1∪ *r* 0	*l* 9.+0.8.. *r* 1.+1.4. *l* 9. *r* 1.	*l* 3_+1.4..+1∪ *r* 0.8_0 *l* 3_+1∪ *r* 0	*l* 9. *r* 1. *l* 9.+0.8.. *r* 1.+1.4.

Anfang $\vartheta_o = 7{^\circ}41$ $b = 758.15$ $\vartheta_u = 7.58$
Ende $\vartheta_o = 7.40$ $b = 757.89$ $\vartheta_u = 7.58$

---

5. April 1894. Anfangsstellung $\frac{Hm}{Sp}\Big|\frac{Sd}{Ho}$

I	II	III	IV	V
471.0 508.5 472.0	514.4 502.6 514.6	481.3 501.0 482.0	522.0 501.6 521.9	485.5 501.8 486.1
512.0 502.4 512.1	479.9 501.5 480.5	517.4 500.8 517.4	482.2 500.9 483.0	520.8 502.0 520.5
477.5 501.2 478.1	517.6 502.9 517.7	486.5 500.9 487.0	523.0 502.0 522.8	485.9 502.5 486.6
514.2 501.2 514.4	479.0 501.0 479.8	517.1 502.0 517.1	490.0 501.5 490.3	515.3 502.0 515.5
	515.4 502.3 515.5	487.0 501.2 487.7	522.6 502.3 522.5	
l 3_+1∪ *r* 0 *l* 3_+1.4..+1∪ *r* 0.8_0	*l* 9.+1∪+0.8.. *r* 3= *l* 9.+1.4..+0.8.. *r* 3=+1.	*l* 3_+1∪ *r* 0 *l* 3_+1.4..+1∪ *r* 0.8_0	*l* 9.+1∪+0.8.. *r* 3= *l* 9.+1.4..+0.8.. *r* 3=+1.	*l* 3_+1∪ *r* 0 *l* 3_+1.4..+1∪ *r* 0.8_0

Anfang $\vartheta_o = 7.40$ $b = 765.60$ $\vartheta_u = 7.59$
Ende $\vartheta_o = 7.42$ $b = 765.20$ $\vartheta_u = 7.59$

7. April 1894. Anfangsstellung $\frac{Ho \mid Sp}{Sd \mid Hm}$

I			II			III			IV			V		
521.3	502.5	521.1	517.7	501.6	517.8	489.1	501.4	489.7	480.9	501.0	481.5	489.9	501.7	490.6
488.4	501.7	489.0	478.1	502.7	479.0	525.0	501.8	524.9	519.5	502.1	519.5	524.1	502.3	524.0
522.1	502.5	522.1	515.8	501.0	515.8	488.6	503.9	489.2	482.5	501.0	483.0	491.8	501.5	492.4
488.1	502.9	489.0	482.2	501.6	482.8	529.3	502.6	529.0	519.9	502.0	519.8	529.9	501.5	529.6
			520.2	501.0	520.0	490.5	502.1	491.0						
						525.0	501.7	524.6						
l 9.		*r* 1.	*l* 3_+1.4..		*r* 0	*l* 9.+0.8..		*r* 1.+1.4.	*l* 3_+0.8..		*r* 0	*l* 9.+0.8..		*r* 1.+1.4.
l 9.+0.8..		*r* 1.+1.4.	*l* 3_+0.8..		*r* 0	*l* 9.		*r* 1.	*l* 3_+1.4..		*r* 0	*l* 9.		*r* 1.

Anfang $\vartheta_o = 7.42$ $b = 762.92$ $\vartheta_u = 7.60$
Ende $\vartheta_o = 7.44$ $b = 762.03$ $\vartheta_u = 7.60$

9. April 1894. Anfangsstellung $\frac{Hm \mid Sd}{Sp \mid Ho}$

I			II			III			IV			V		
479.6	501.9	480.4[1]	472.0	500.9	472.8	531.9	502.6	531.7	520.5	502.0	520.6	533.5	502.5	533.3
528.0	503.0	527.8	518.2	501.8	518.1	478.6	500.8	479.1	477.8	501.2	478.5	474.8	500.9	475.4
469.6	501.0	470.4	474.6	500.7	475.2	534.9	502.8	534.6	524.0	502.0	523.9	537.0	502.2	536.7
528.0	502.9	527.9	521.0	502.1	521.0	474.0	501.0	474.9	473.0	500.9	473.7	475.7	501.5	476.0
			473.2	501.7	474.0	533.2	502.5	533.0	520.6	502.1	520.5	536.9	502.5	536.8
						475.4	501.6	476.0	478.6	501.0	479.1			
1) *l* 3_+1∪		*r* 0[1]	*l* 9.+1∪		*r* 3=	*l* 3_+1∪+0.8..		*r* 0	*l* 9.+1∪+0.8..		*r* 3=	*l* 3_+1∪+0.8..		*r* 0
2 u. 4) *l* 3_+1∪+0.8..		*r* 0	*l* 9.+1∪+0.8..		*r* 3=	*l* 3_+0.8..		*r* 0	*l* 9.+1∪		*r* 3=	*l* 3_+0.8..		*r* 0
3) *l* 3_+0.8..		*r* 0												

Anfang $\vartheta_o = 7.44$ $b = 763.74$ $\vartheta_u = 7.62$
Ende $\vartheta_o = 7.46$ $b = 763.08$ $\vartheta_u = 7.62$

[1] auf Aequilibrirung I 3) zu transformiren.

11. April 1894. Anfangsstellung $\frac{Ho \mid Sp}{Sd \mid Hm}$

I			II			III			IV			V		
471.5	502.0	472.3	515.0	509.9	515.3	523.0	502.3	523.0	528.0	502.8	528.0	479.9	501.0	480.5
520.5	503.0	520.3	484.0	500.9	484.3	479.0	501.4	479.7	480.9	501.1	481.5	520.2	501.5	520.2
470.0	501.4	470.9	527.0	502.8	527.0	520.3	502.4	520.3	531.9	502.4	531.8	475.2	501.0	475.9
517.8	502.3	517.8	480.1	501.7	481.0	477.0	501.2	477.9	484.1	500.9	484.8	526.8	502.1	526.6
469.1	501.0	470.0	527.6	503.0	527.2	523.7	502.2	523.5	530.1	502.4	529.9	478.2	501.2	478.9
			485.0	501.0	485.8	480.1	501.0	480.7						
l 9.		*r* 0.8$_0$+1.	*l* 3_+1.4..+1∪		*r* 0.8$_0$	*l* 9.		*r* 1.	*l* 3_+1.4..+1∪		*r* 0.8$_0$	*l* 9.		*r* 0.8$_0$+1.
l 9.		*r* 1.	*l* 3_+0.8..		*r* 0	*l* 9.		*r* 1.+0.8$_0$	*l* 3_+0.8..		*r* 0	*l* 9.		*r* 1.

Anfang $\vartheta_o = 7.48$ $b = 764.03$ $\vartheta_u = 7.65$
Ende $\vartheta_o = 7.48$ $b = 763.02$ $\vartheta_u = 7.65$

21. Juni 1894. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Ho}\Big|\frac{Hm}{Sp}$

I			II			III			IV			V		
485.3	504.0	486.1[1]	485.3	500.2	486.0	481.0	501.8	481.8	535.2	502.8	534.9	542.6	503.0	542.0
533.9	502.2	533.5	529.0	503.0	528.9	542.9	502.5	542.0	489.6	502.0	490.0	484.5	502.0	485.1
479.0	502.0	479.9	485.9	501.0	486.5	484.0	501.1	484.9	535.0	502.5	534.1	542.0	503.0	541.3
536.8	502.0	536.2	529.1	503.0	529.0	543.0	503.1	542.5	487.7	502.4	488.1	482.8	501.0	483.2
479.0	501.6	479.9				485.0	501.5	485.7						
1) *l* 9.+1◡ *r* 3=[1]			*l* 3_+1.4.. *r* 1.			*l* 9.+0.8.. *r* 3=			*l* 3_+1.4..+0.8.. *r* 1.			*l* 9.+1◡+0.8.. *r* 3=		
2 u. 4) *l* 9.+1◡+0.8.. *r* 3=			*l* 3_+1.4..+0.8.. *r* 1.			*l* 9.+1◡+0.8.. *r* 3=			*l* 3_+1.4.. *r* 1.			*l* 9.+0.8.. *r* 3=		
3 u. 5) *l* 9.+0.8.. *r* 3=														

Anfang $\vartheta_o = 8{^\circ}67$ $b = 755.12$ $\vartheta_u = 8.60$
Ende $\vartheta_o = 8.72$ $b = 755.13$ $\vartheta_u = 8.60$

[1] zu transformiren auf 3) und 5).

---

23. Juni 1894. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Hm}\Big|\frac{Ho}{Sd}$

I			II			III			IV			V		
478.0	501.2	478.8	512.0	476.0	511.5[1]	530.5	502.6	530.0	534.0	502.8	533.7	530.3	502.5	530.0
527.2	502.5	527.0	533.3	502.9	533.0	486.1	502.1	486.8	477.2	502.0	478.0	489.0	501.7	489.5
480.5	500.9	481.1	476.5	500.9	477.1	531.5	501.8	531.0	535.9	502.8	535.3	534.8	502.3	534.3
525.4	502.8	525.2	534.9	502.5	534.1	485.0	501.2	485.4	480.6	501.0	481.0	488.2	501.1	488.8
			480.5	500.9	481.0									
l 3_+1◡ *r* 0.8₀			1) *l* 9.+1◡ *r* 3=[1]			*l* 3_+1◡ *r* 0			*l* 9.+1◡+0.8.. *r* 3=			*l* 3_+1◡ *r* 0		
l 3_+1◡ *r* 0			2 u. 4) *l* 9.+1◡+0.8.. *r* 3=			*l* 3_+1◡ *r* 0.8₀			*l* 9.+0.8.. *r* 3=			*l* 3_+1◡ *r* 0.8₀		
			3 u. 5) *l* 9.+0.8.. *r* 3=											

Anfang $\vartheta_o = 8.77$ $b = 760.85$ $\vartheta_u = 8.66$
Ende $\vartheta_o = 8.77$ $b = 760.43$ $\vartheta_u = 8.66$

[1] auf 3) und 5) zu transformiren.

---

27. Juni 1894. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Ho}\Big|\frac{Hm}{Sp}$

I			II			III			IV			V		
468.2	501.0	469.2	467.3	500.6	468.3	470.9	500.7	471.7	514.9	500.6	514.7	523.0	502.1	523.0
515.7	502.5	515.9	514.8	501.3	514.6	524.5	502.1	524.1	473.0	500.5	473.8	476.8	502.3	477.4
469.8	501.2	470.5	469.3	500.7	470.1	474.0	500.9	475.0	516.7	501.9	516.4	524.0	502.1	523.8
518.8	502.0	518.8	514.0	501.6	514.0	520.0	501.8	519.8	472.1	500.6	472.9	480.9	500.7	481.5
472.1	500.9	473.0				478.2	500.8	479.0						
9.+1.4.. *r* 0.8₀+3=			*l* 3_ *r* 0			*l* 9.+1.4.. *r* 0.8₀+3=			*l* 3_+0.8.. *r* 0			*l* 9.+1.4.. *r* 3=		
9.+1.4.. *r* 3=			*l* 3_+0.8.. *r* 0			*l* 9.+1.4.. *r* 3=			*l* 3_ *r* 0			*l* 9.+1.4.. *r* 0.8₀+3=		

Anfang $\vartheta_o = 8{^\circ}87$ $b = 761.34$ $\vartheta_u = 8.75$
Ende $\vartheta_o = 8.89$ $b = 761.82$ $\vartheta_u = 8.76$

23. Juli 1894. Anfangsstellung $\frac{Sp \mid Ho}{Hm \mid Sd}$

I	II	III	IV	V
491.4 529.1 492.6	528.9 500.8 528.8	523.5 502.1 523.4	531.0 501.6 530.6	530.0 502.1 530.0
474.4 501.0 475.3	482.0 502.5 482.7	480.9 501.5 481.5	486.1 501.9 486.9	485.0 501.4 485.7
522.9 502.4 522.5	529.0 502.2 528.9	529.0 502.0 528.7	534.0 502.5 533.8	533.0 500.8 532.6
477.1 501.0 478.0	484.2 501.1 485.0	484.7 500.8 485.1	485.5 502.0 486.1	489.0 500.8 489.6
		526.5 502.0 526.4		
l 3_+0.8.. *r* 0	*l* 9. *r* 1.4.	*l* 3_+0.8.. *r* 0	*l* 9. *r* 1.4.	*l* 3_+0.8.. *r* 0
l 3_ *r* 0	*l* 9. *r* 1.4.+0.8_0	*l* 3_ *r* 0	*l* 9. *r* 1.4.+0.8_0	*l* 3_ *r* 0

Anfang $\vartheta_o = 9.80$ $b = 758.36$ $\vartheta_u = 9.50$
Ende $\vartheta_o = 9.82$ $b = 758.06$ $\vartheta_u = 9.50$

---

4. August 1894. Anfangsstellung $\frac{Sd \mid Hm}{Ho \mid Sp}$

I	II[1]	III	IV	V
522.6 503.0 522.6	485.2 505.1 486.1	486.0 501.5 486.9	481.0 501.0 481.6	536.2 502.8 535.9
482.0 501.5 482.8	536.2 503.0 536.0	533.1 502.2 532.8	528.0 502.0 527.8	486.5 503.0 487.1
527.4 503.0 527.2	491.0 501.4 491.8	486.2 503.8 486.9	484.0 500.8 484.5	534.5 502.1 534.2
483.0 501.5 483.5	537.2 503.3 537.0	535.3 501.0 535.0	531.0 501.8 530.9	488.0 501.1 488.4
529.6 502.0 529.4				
l 9.+1.4.. *r* 3=	*l* 3_+1◡ *r* 0.8_0	*l* 9.+1.4.. *r* 0.8_0+3=	*l* 3_ *r* 0	*l* 9.+1.4.. *r* 3=
l 9.+1.4.. *r* 3=+0.8_0	*l* 3_+1◡ *r* 0	*l* 9.+1.4.. *r* 3=	*l* 3_+0.8.. *r* 0	*l* 9.+1.4.. *r* 3=+0.8_0

Anfang $\vartheta_o = 10.27$ $b = 753.08$ $\vartheta_u = 9.88$
Ende $\vartheta_o = 10.28$ $b = 753.02$ $\vartheta_u = 9.88$

[1] auf Aequilibrirung IV zu transformiren.

---

7. August 1894. Anfangsstellung $\frac{Sp \mid Ho}{Hm \mid Sd}$

I	II	III	IV	V
483.3 501.7 484.1	527.9 501.7 527.5	488.0 501.0 488.5	484.5 502.1 485.1	490.1 501.6 490.4
529.8 502.1 529.5	484.9 501.0 485.7	534.8 502.8 534.5	529.0 502.1 528.8	536.0 502.5 535.7
486.1 501.2 486.9	526.9 502.3 526.7	493.0 501.0 493.8	486.1 502.0 586.9	489.0 502.0 489.7
531.0 503.0 530.9	484.0 501.0 484.2	532.0 502.6 531.9	532.0 500.7 531.8	537.2 501.6 536.9
487.8 502.5 488.2	528.5 502.0 528.0			
l 3_ *r* 0	*l* 9.+0.8.. *r* 1.+1.4.	*l* 3_ *r* 0	*l* 9. *r* 1.4.+1.	*l* 3_ *r* 0
l 3_+0.8.. *r* 0	*l* 9. *r* 1.+1.4.	*l* 3_+0.8.. *r* 0	*l* 9.+0.8.. *r* 1.4.+1.	*l* 3_+0.8.. *r* 0

Anfang $\vartheta_o = 10.37$ $b = 753.55$ $\vartheta_u = 9.98$
Ende $\vartheta_o = 10.38$ $b = 753.41$ $\vartheta_u = 9.98$

17. August 1894. Anfangsstellung $\frac{Sp \mid Ho}{Hm \mid Sm}$

I	II	III	IV	V
511.0 499.9 511.3	517.7 500.3 517.4	513.1 501.0 512.9	465.5 499.2 466.6	473.2 499.1 474.2
465.1 498.9 466.3	462.3 499.2 463.3	470.3 499.2 471.3	521.6 501.0 521.3	519.4 500.1 519.2
508.8 500.2 509.8	519.9 501.0 519.8	517.2 500.9 517.0	467.9 499.1 468.9	474.0 499.0 475.0
	463.8 499.8 464.5	472.8 500.3 473.5	521.9 500.3 521.7	
l 3_+1.4.. r 1. l 3_+1.4.. r 1.+0.8_0	l 9. r 0.8_0+1. l 9.+1◡ r 0.8_0+3=	l 3_+1.4.. r 1. l 3_+1.4.. r 1.+0.8_0	l 9.+1◡ r 0.8_0+3= l 9. r 0.8_0+1.	l 3_+1.4.. r 1.+0.8_0 l 3_+1.4.. r 1.

Anfang $\vartheta_o = 10.65$ $b = 756.50$ $\vartheta_u = 10.27$
Ende $\vartheta_o = 10.68$ $b = 756.82$ $\vartheta_u = 10.25$

---

20. August 1894. Anfangsstellung $\frac{Sm \mid Hm}{Ho \mid Sp}$

I	II	III	IV	V
517.5 501.1 517.3	475.0 502.5 476.0[1]	476.7 501.0 477.5	516.0 500.0 515.8	521.0 501.0 521.0
472.6 499.8 473.3	513.3 500.8 513.2	525.2 500.9 525.0	468.5 499.9 469.0	479.9 499.7 480.3
518.7 500.9 518.5	466.5 501.5 467.5	477.8 499.7 478.1	514.0 500.8 513.8	527.7 501.0 527.3
	513.4 499.9 513.2	523.2 500.8 522.8	472.1 499.8 472.8	
l 9.+1◡ r 3= l 9.+1◡ r 3=+0.8_0	1) l 3_+0.8.. r 1.[1] 2 u. 4) l 3_+1.4.. r 1. 3) l 3_+1.4.. r 1.+0.8_0	l 9.+1◡ r 3=+0.8_0 l 9.+1◡ r 3=	l 3_+1.4.. r 1. l 3_+1.4.. r 1.+0.8_0	l 9.+1◡ r 3= l 9.+1◡ r 3=+0.8_0

Anfang $\vartheta_o = 10.72$ $b = 751.66$ $\vartheta_u = 10.32$
Ende $\vartheta_o = 10.73$ $b = 750.58$ $\vartheta_u = 10.33$

[1] auf Aequilibrirung II 3) zu transformiren.

---

22. August 1894. Anfangsstellung $\frac{Sp \mid Ho}{Hm \mid Sm}$

I	II	III	IV	V
525.6 501.4 525.3	478.5 500.2 479.3	530.6 501.7 530.4	539.1 501.6 538.9	479.0 499.8 479.8
473.0 499.2 473.8	537.0 501.7 536.5	480.1 499.8 480.9	486.6 500.0 487.0	533.2 501.0 532.7
527.0 501.3 527.0	482.5 499.9 483.2	530.6 501.6 530.2	541.8 501.8 541.1	483.0 499.8 483.5
474.0 500.1 474.6	537.6 501.3 537.0	478.9 499.7 479.5	484.0 499.8 484.4	532.0 501.5 531.6
	480.1 499.9 480.8	537.0 501.6 536.2	541.7 501.6 541.1	
		482.9 499.6 483.5		
l 3_+1.4.. r 0.8_0 l 3_+1.4.. r 0.8_0+1.	l 9.+1.4.. r 1.+3= l 9.+1.4.. r 3=	l 3_+1.4.. r 0.8_0 l 3_+1.4.. r 0.8_0+1.	l 9.+1.4.. r 3= l 9.+1.4.. r 3=+1.	l 3_+1.4.. r 0.8_0+1. l 3_+1.4.. r 0.8_0

Anfang $\vartheta_o = 10.75$ $b = 753.50$ $\vartheta_u = 10.37$
Ende $\vartheta_o = 10.76$ $b = 753.33$ $\vartheta_u = 10.38$

25. August 1894. Anfangsstellung $\frac{Sm \mid Hm}{Ho \mid Sp}$

I			II			III[1]			IV[1]		
474.4	500.5	475.0	514.5	501.3	514.7	526.3	501.3	526.2	521.2	500.8	521.0
520.0	501.5	519.9	476.0	499.7	476.9	475.1	504.5	476.0	474.8	499.8	475.6
478.0	500.0	478.6	516.1	501.0	516.0	528.1	501.2	527.8	522.5	501.0	521.9
523.8	501.3	523.6	473.0	501.2	473.9	480.4	500.0	481.0	503.5	469.0	503.0
			520.1	499.2	519.8						
$l\ 9.+1_\smile$	$r\ 3_=+0.8_0$		$l\ 3_-+1.4..$	$r\ 1.$		$l\ 9.+1_\smile$	$r\ 3_=$		$l\ 3_-+1.4..$	$r\ 1.$	
$l\ 9.+1_\smile$	$r\ 3_=$		$l\ 3_-+1.4..$	$r\ 1.+0.8_0$		$l\ 9.+1_\smile$	$r\ 3_=+0.8_0$		$l\ 3_-+1.4..$	$r\ 1.+0.8_0$	

Anfang $\vartheta_o = 10.78$ $b = 762.62$ $\vartheta_u = 10.41$
Ende $\vartheta_o = 10.80$ $b = 762.22$ $\vartheta_u = 10.41$

[1] III und IV wegen Nullpunktsverschiebung um −0.10 zu corrigiren.

---

4. September 1894. Anfangsstellung $\frac{Ho \mid Sp}{Sm \mid Hm}$

I			II			III[1]			IV[2]			V[1]		
524.8	501.8	524.8	530.4	494.2	531.0	476.0	499.2	476.8	478.2	499.2	479.1	531.8	501.0	531.6
471.2	500.8	472.2	472.0	500.8	473.0	531.3	500.5	531.0	531.4	498.5	531.0	477.3	499.5	478.1
527.6	501.4	527.4	526.6	500.9	526.2	474.8	501.9	475.8	476.0	499.0	476.7	533.0	500.5	532.8
			475.5	499.1	476.3	531.0	501.1	530.6	528.0	501.0	527.5			
$l\ 9.+1.4..$	$r\ 3_=$		$l\ 3_-+1.4..$	$r\ 0.8_0$		$l\ 9.+1.4..$	$r\ 3_=+1.$		$l\ 3_-+1.4..$	$r\ 1.+0.8_0$		$l\ 9.+1.4..$	$r\ 3_=$	
$l\ 9.+1.4..$	$r\ 3_=+1.$		$l\ 3_-+1.4..$	$r\ 0.8_0+1.$		$l\ 9.+1.4..$	$r\ 3_=$		$l\ 3_-+1.4..$	$r\ 0.8_0$		$l\ 9.+1.4..$	$r\ 3_=+1.$	

Anfang $\vartheta_o = 10.97$ $b = 756.60$ $\vartheta_u = 10.60$
Ende $\vartheta_o = 10.97$ $b = 756.90$ $\vartheta_u = 10.60$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung um +0.20 zu corrigiren. [2] dgl. um +0.10 zu corr.

---

5. September 1894. Anfangsstellung $\frac{Hm \mid Sm}{Sp \mid Ho}$

I			II			III			IV			V		
468.0	501.6	469.1	514.4	502.5	514.5	513.9	502.3	514.0	475.1	501.0	475.8	476.0	501.9	476.6
513.6	503.0	513.7	474.9	501.9	475.6	472.0	501.0	473.0	525.0	502.1	524.8	517.1	502.5	517.0
470.5	501.0	471.4	519.0	502.5	519.0	515.9	502.5	516.0	478.5	501.5	479.0	475.4	501.2	476.1
515.7	502.0	515.8	477.0	501.0	477.9	473.1	500.8	474.0	522.8	501.9	522.8			
			524.2	502.5	524.0	514.1	502.2	514.1						
			476.0	501.0	476.5									
$l\ 3_-+1.4..$	$r\ 0.8_0+1.$		$l\ 9.+1_\smile$	$r\ 3_=$		$l\ 3_-+1.4..$	$r\ 1.$		$l\ 9.+1_\smile$	$r\ 0.8_0+3_=$		$l\ 3_-+1.4..$	$r\ 0.8_0+1.$	
$l\ 3_-+1.4..$	$r\ 1.$		$l\ 9.+1_\smile$	$r\ 3_=+0.8_0$		$l\ 3_-+1.4..$	$r\ 1.+0.8_0$		$l\ 9.+1_\smile$	$r\ 3_=$		$l\ 3_-+1.4..$	$r\ 1.$	

Anfang $\vartheta_o = 10.98$ $b = 758.65$ $\vartheta_u = 10.61$
Ende $\vartheta_o = 10.98$ $b = 758.63$ $\vartheta_u = 10.61$

11. September 1894. Anfangsstellung $\frac{Hm}{Sp} \Big| \frac{Sm}{Ho}$

I	II	III[2]	IV[3]	V[3]
519.8 498.8 519.8[1]	530.5 501.1 530.7	531.3 501.0 531.1	478.9 500.2 479.7	476.2 499.5 477.0
469.9 500.1 471.0	475.9 501.2 476.8	477.5 499.7 478.2	533.9 500.9 533.3	531.9 500.9 531.2
529.9 499.5 529.8	530.5 501.0 530.1	530.9 500.9 530.7	480.8 499.0 481.2	479.3 498.9 479.9
	476.8 500.0 477.5	476.9 501.2 477.8	533.8 500.8 533.2	
1) *l* 3_ *r* 1.[1]	*l* 9.+0.8.. *r* 1.	*l* 3_ *r* 0.8_0	*l* 9.+1◡+0.8.. *r* 3=	*l* 3_ *r* 1.+0.8_0
2) *l* 3_ *r* 1.+0.8_0	*l* 9.+1◡+0.8.. *r* 3=	*l* 3_ *r* 0.8_0+1.	*l* 9.+0.8.. *r* 1.	*l* 3_ *r* 0.8_0
3) *l* 3_ *r* 0.8_0				

Anfang $\vartheta_o = 10.98$ $b = 765.25$ $\vartheta_u = 10.66$
Ende $\vartheta_o = 10.98$ $b = 765.06$ $\vartheta_u = 10.66$

[1] auf 3) zu transformiren. [2] wegen Nullpunktsversch. +0.3 zu corr. [3] dgl. +0.1 zu corr.

---

14. September 1894. Anfangsstellung $\frac{Ho}{Sm} \Big| \frac{Sp}{Hm}$

I	II	III	IV	V
477.9 502.5 479.0	529.5 503.0 529.2	480.1 501.3 481.1	530.0 502.1 529.7	526.6 503.0 526.4
523.5 503.0 523.3	486.5 502.2 487.2	524.9 502.5 524.8	487.0 501.1 487.6	483.8 501.1 484.3
481.0 501.8 481.8	529.0 502.8 528.7	479.3 505.7 480.3	528.6 502.9 528.5	527.7 503.0 527.6
527.2 502.7 526.9	484.6 501.0 485.1	527.0 502.5 526.9	489.0 500.8 489.3	
482.6 501.8 483.3	528.0 502.5 527.6	482.5 501.0 483.1		
l 9. *r* 1.	*l* 3_ *r* 1.	*l* 9. *r* 1.	*l* 3_ *r* 1.	*l* 9.+0.8.. *r* 1.
l 9.+0.8.. *r* 1.	*l* 3_ *r* 1.+0.8_0	*l* 9.+0.8.. *r* 1.	*l* 3_ *r* 1.+0.8_0	*l* 9. *r* 1.

Anfang $\vartheta_o = 10.98$ $b = 763.78$ $\vartheta_u = 10.67$
Ende $\vartheta_o = 10.98$ $b = 763.61$ $\vartheta_u = 10.67$

---

15. September 1894. Anfangsstellung $\frac{Hm}{Sp} \Big| \frac{Sm}{Ho}$

I	II[1]	III[1]	IV[2]	V
476.2 501.3 477.2	520.0 502.0 520.0	521.0 502.2 520.9	477.2 501.0 478.2	477.0 501.0 477.8
520.0 502.3 520.0	479.5 502.3 480.2	475.9 502.0 476.5	524.9 502.4 524.7	525.0 501.9 524.9
477.0 501.0 478.0	522.6 502.4 522.4	521.7 502.1 521.5	480.7 502.3 481.1	477.5 501.0 478.3
	479.0 501.1 479.5	479.0 501.1 479.5	526.0 502.1 525.7	
l 3_ *r* 1.+0.8_0	*l* 9.+1◡ *r* 1.4.	*l* 3_ *r* 1.	*l* 9.+1◡ *r* 1.4.+0.8_0	*l* 3_ *r* 1.+0.8_0
l 3_ *r* 1.	*l* 9.+1◡ *r* 1.4.+0.8_0	*l* 3_ *r* 1.+0.8_0	*l* 9.+1◡ *r* 1.4.	*l* 3_ *r* 1.

Anfang $\vartheta_o = 10.96$ $b = 763.85$ $\vartheta_u = 10.66$
Ende $\vartheta_o = 10.95$ $b = 763.61$ $\vartheta_u = 10.66$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung +0.2 zu corr. [2] dgl. +0.1 zu corr.

18. September 1894. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Hm} \Big| \frac{Ho}{Sm}$

I	II	III	IV	V
524.0 501.8 524.0	524.8 502.5 524.6	484.1 501.1 485.0	485.0 501.2 485.7	530.4 502.5 530.1
484.1 501.7 485.1	484.2 501.0 485.0	529.8 502.7 529.3	526.5 502.2 526.1	487.9 501.0 488.3
526.3 502.6 526.1	526.7 502.1 525.9	484.9 500.9 485.3	485.4 501.0 486.0	532.1 502.5 532.0
481.3 501.5 482.0	483.0 500.7 483.8	530.4 502.6 530.0	534.0 502.5 533.7	490.9 500.9 491.1
528.1 502.8 528.0	527.2 502.9 527.0	489.0 500.9 490.0	488.5 501.0 489.0	
485.2 501.8 486.0		534.0 502.6 533.4		
l 3_ *r* 1.	*l* 9.+0.8.. *r* 1.	*l* 3_ *r* 0.8_0+1.	*l* 9. *r* 1.	*l* 3_ *r* 1.
l 3_ *r* 1.+0.8_0	*l* 9. *r* 1.	*l* 3_ *r* 1.	*l* 9.+0.8.. *r* 1.	*l* 3_ *r* 1.+0.8_0

Anfang $\vartheta_o = 10.95$ $b = 768.12$ $\vartheta_u = 10.67$
Ende $\vartheta_o = 10.96$ $b = 767.03$ $\vartheta_u = 10.67$

---

19. September 1894. Anfangsstellung $\frac{Sm}{Ho} \Big| \frac{Hm}{Sp}$

I	II[1]	III[2]	IV[1]	V
526.0 501.0 526.8	531.8 503.2 531.8	470.1 502.0 471.2	475.1 500.9 476.1	523.8 502.3 523.7
471.0 501.8 472.0	476.6 500.9 477.4	528.1 501.7 528.0	535.6 502.7 535.0	472.5 500.3 473.3
525.3 501.8 524.9	532.2 502.8 532.0	468.0 501.0 469.2	478.0 500.9 479.0	525.8 502.2 526.0
	476.2 502.8 477.0	522.1 502.0 522.1	530.4 502.3 530.0	
l 9.+$1_\smile$ *r* 1.4.	*l* 3_+$1_\smile$ *r* 1.+0.8_0	*l* 9. *r* 1.4.	*l* 3_ *r* 1.+0.8_0	*l* 9.+$1_\smile$ *r* 1.4.
l 9. *r* 1.4.	*l* 3_ *r* 1.+0.8_0	*l* 9.+$1_\smile$ *r* 1.4.	*l* 3_+$1_\smile$ *r* 1.+0.8_0	*l* 9. *r* 1.4.

Anfang $\vartheta_o = 10.97$ $b = 761.81$ $\vartheta_u = 10.66$
Ende $\vartheta_o = 10.98$ $b = 761.88$ $\vartheta_u = 10.66$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung +0.1 zu corrigiren. [2] dgl. +0.2 zu corrigiren.

---

5. November 1894. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Hm} \Big| \frac{Ho}{Sm}$

I	II	III	IV	V
471.3 502.5 473.0	524.2 502.8 523.8	533.0 505.2 532.0	469.8 502.5 471.2	484.0 502.7 485.0
524.0 505.2 523.9	468.5 502.0 470.0	478.0 503.1 479.2	526.7 504.5 525.9	537.8 506.0 536.8
471.0 502.8 472.3	521.7 504.6 521.3	532.5 505.4 531.8	471.5 501.8 473.0	484.7 502.4 485.5
527.3 505.2 526.8	465.2 504.0 467.2	481.0 500.3 482.0	523.6 504.1 523.0	
l 3_ *r* 1.4.	*l* 9. *r* 0	*l* 3_+$1_\smile$ *r* 1.4.	*l* 9. *r* 1.	*l* 3_ *r* 1.4.
l 3_+$1_\smile$ *r* 1.4.	*l* 9. *r* 1.	*l* 3_ *r* 1.4.	*l* 9. *r* 0	*l* 3_+$1_\smile$ *r* 1.4.

Anfang $\vartheta_o = 10.38$ $b = 760.58$ $\vartheta_u = 10.30$
Ende $\vartheta_o = 10.38$ $b = 760.58$ $\vartheta_u = 10.30$

7. November 1894. Anfangsstellung $\frac{Sm}{Ho}\Big|\frac{Hm}{Sp}$

I	II[1]	III[2]	IV[1]	V[1]
520.7 505.2 520.3	516.0 502.5 515.9	483.2 502.8 484.2	477.8 503.2 479.2	527.5 503.0 526.9
477.5 503.8 479.0	471.8 502.7 473.2	523.0 505.0 522.7	519.4 504.5 519.1	480.3 503.0 481.4
521.0 503.8 520.8	517.7 504.8 517.3	483.8 502.3 484.5	479.2 503.7 480.2	527.9 505.0 527.3
	472.3 503.0 473.9	523.5 504.8 522.9	517.9 503.9 517.8	
l 9.+0.8.. *r* 1.	*l* 1◡+1.4.. *r* 0	*l* 9. *r* 1.	*l* 1◡+1.4.. *r* 0.8_0	*l* 9.+0.8.. *r* 1.
l 9. *r* 1.	*l* 1◡+1.4.. *r* 0.8_0	*l* 9.+0.8.. *r* 1.	*l* 1◡+1.4.. *r* 0	*l* 9. *r* 1.

Anfang $\vartheta_o = 10.40$ $b = 762.20$ $\vartheta_u = 10.28$
Ende $\vartheta_o = 10.40$ $b = 761.72$ $\vartheta_u = 10.29$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung um −0.2 zu corrigiren. [2] dgl. −0.3 zu corrigiren.

---

19. November 1894. Anfangsstellung $\frac{Sm}{Ho}\Big|\frac{Hm}{Sp}$

I	II	III[1]	IV[2]	V[3]
474.5 502.2 475.7	526.2 501.4 526.0	531.0 503.3 530.3	478.8 500.2 479.8	480.0 500.4 480.9
531.6 501.0 530.8	472.0 501.8 473.0	478.2 501.9 479.3	531.0 503.3 530.0	532.1 502.8 531.1
476.0 501.0 477.1	528.9 502.0 528.1	532.4 503.2 531.5	479.0 501.9 480.0	481.0 500.5 482.0
	476.5 500.5 477.3	480.0 500.2 481.0	531.0 503.1 530.4	
l 9. *r* 1.	*l* 3_+1◡ *r* 1.4.	*l* 9. *r* 0	*l* 3_+1◡ *r* 1.4.+1.	*l* 9. *r* 1.
l 9. *r* 0	*l* 3_+1◡ *r* 1.4.+1.	*l* 9. *r* 1.	*l* 3_+1◡ *r* 1.4.	*l* 9. *r* 0

Anfang $\vartheta_o = 10.26$ $b = 770.12$ $\vartheta_u = 10.18$
Ende $\vartheta_o = 10.26$ $b = 770.08$ $\vartheta_u = 10.18$

[1] wegen Nullpunktsverschieb. +0.10 zu corr. [2] dgl. +0.20 zu corr. [3] dgl. +0.30 zu corr.

---

22. November 1894. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Hm}\Big|\frac{Ho}{Sm}$

I	II[1]	III[1]	IV[2]	V[3]
472.0 501.8 473.2	526.1 501.3 525.7	529.8 501.0 528.9	475.2 501.7 476.2	476.7 501.0 477.8
525.1 503.2 524.7	474.0 500.6 475.0	476.0 500.2 477.0	529.9 502.0 529.1	529.7 503.0 528.9
472.5 500.7 473.5	528.9 503.2 528.3	528.0 503.1 527.3	477.0 501.0 478.2	476.5 500.1 477.5
	474.0 501.2 475.0	476.2 500.5 477.2	528.5 503.0 527.9	
l 1.4.. *r* 0	*l* 9. *r* 0	*l* 1◡+1.4.. *r* 0	*l* 9. *r* 1.	*l* 1.4.. *r* 0
l 1.4..+1◡ *r* 0	*l* 9. *r* 1.	*l* 1.4.. *r* 0	*l* 9. *r* 0	*l* 1.4..+1◡ *r* 0

Anfang $\vartheta_o = 10.25$ $b = 771.47$ $\vartheta_u = 10.17$
Ende $\vartheta_o = 10.25$ $b = 771.54$ $\vartheta_u = 10.17$

[1] wegen Nullpunktsverschieb. −0.4 zu corr. [2] dgl. −0.5 zu corr. [3] dgl. −0.7 zu corr.

3. December 1894. Anfangsstellung $\frac{Sm}{Ho} \Big| \frac{Hm}{Sp}$

I	II[1]	III	IV[1]	V[2]
472.3 505.2 473.9	522.8 502.5 522.6	527.2 502.5 526.7	484.7 500.8 485.3	486.5 501.0 487.1
523.7 500.1 523.1	478.0 501.1 479.0	479.0 504.0 480.1	529.3 502.9 528.7	532.0 499.4 531.0
480.5 501.2 481.3	527.3 499.5 527.0	524.9 502.5 524.5	486.0 501.7 486.4	484.3 501.5 485.2
	483.2 502.3 484.0	485.8 501.2 486.2	525.2 501.0 524.8	
l 9. *r* 1.	*l* 1◡+1.4.. *r* 0	*l* 9.+0.8.. *r* 1.	*l* 1◡+1.4.. *r* $0.8_\circ$	*l* 9. *r* 1.
l 9.+0.8.. *r* 1.	*l* 1◡+1.4.. *r* $0.8_\circ$	*l* 9. *r* 1.	*l* 1◡+1.4.. *r* 0	*l* 9.+0.8.. *r* 1.

Anfang $\vartheta_o = 9.80$ $b = 766.58$ $\vartheta_u = 9.88$
Ende $\vartheta_o = 9.80$ $b = 765.93$ $\vartheta_u = 9.88$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung -0.1 zu corrigiren. [2] dgl. -0.2 zu corr.

---

10. December 1894. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Hm} \Big| \frac{Ho}{Sm}$

I	II	III	IV	V
474.2 503.6 475.8	478.7 501.3 479.8	522.2 503.0 522.0	528.8 503.3 528.1	487.0 501.2 487.8
523.2 503.2 523.0	524.0 502.1 523.5	481.5 501.0 482.2	481.7 500.8 482.2	526.3 503.2 525.9
481.2 501.2 482.2	480.2 500.9 481.4	524.0 503.0 523.8	524.4 503.2 524.0	482.7 501.3 483.7
	526.0 503.2 525.4	484.9 500.9 485.8	485.0 501.1 485.5	
l 3_ *r* 1.4.	*l* 9. *r* $0.8_\circ$	*l* 3_+0.8.. *r* 1.4.	*l* 9. *r* 0	*l* 3_ *r* 1.4.
l 3_+0.8.. *r* 1.4.	*l* 9. *r* 0	*l* 3_ *r* 1.4.	*l* 9. *r* $0.8_\circ$	*l* 3_+0.8.. *r* 1.4.

Anfang $\vartheta_o = 9.48$ $\vartheta_u = 9.67$
$b = 767.97$
Ende $\vartheta_o = 9.47$ $\vartheta_u = 9.66$

---

15. December 1894. Anfangsstellung $\frac{Sm}{Ho} \Big| \frac{Hm}{Sp}$

I	II[1]	III	IV[2]	V
472.0 502.0 472.9	470.9 501.6 471.7	526.9 503.3 526.0	526.2 503.5 525.8	477.8 501.2 478.5
526.6 503.7 526.0	525.8 502.2 525.0	474.8 500.9 476.2	474.9 501.0 476.0	535.8 501.0 534.6
474.8 501.5 475.8	469.7 501.0 471.0	528.9 503.8 528.1	528.7 503.3 527.9	482.0 502.0 483.0
	527.2 503.9 526.6	474.7 500.8 475.7	473.5 501.3 474.5	
l 9. *r* 1.	*l* 3_ *r* 1.4.	*l* 9. *r* 0	*l* 3_+1◡ *r* 1.4.	*l* 9. *r* 1.
l 9. *r* 0	*l* 3_+1◡ *r* 1.4.	*l* 9. *r* 1.	*l* 3_ *r* 1.4.	*l* 9. *r* 0

Anfang $\vartheta_o = 9.17$ $b = 745.66$ $\vartheta_u = 9.38$
Ende $\vartheta_o = 9.17$ $b = 747.48$ $\vartheta_u = 9.38$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung $+0.1$ zu corrigiren. [2] dgl. -0.1 zu corr.

15. Januar 1895. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Ho} \Big| \frac{Hm}{Sm}$

I	II	III[1]	IV[2]	V[2]
479.0 501.2 480.0	474.8 504.2 476.5	524.8 504.2 524.0	523.3 502.1 522.7	485.4 501.5 486.4
524.0 504.2 523.6	522.2 504.0 521.8	481.0 501.9 482.2	478.9 501.7 480.1	529.5 504.2 528.5
479.9 501.3 481.0	482.0 500.6 483.0	524.8 504.3 524.0	522.4 504.3 522.0	479.6 503.8 481.0
	525.3 504.0 524.3	481.0 501.3 482.0	479.0 501.0 480.2	
l 9. r 1.4.+1.	l 9. r $3_=$+1.+$0.8_\circ$	l 9.+0.8.. r 1.4.+1.	l 9.+0.8..	l 9. r 1.4.+1.
l 9.+0.8.. r 1.4.+1.	l 9.+0.8..	l 9. r 1.4.+1.	r $3_=$+1.+$0.8_\circ$	l 9.+0.8.. r 1.4.+1.
	r $3_=$+1.+$0.8_\circ$		l 9. r $3_=$+1.+$0.8_\circ$	

Anfang $\vartheta_o = 8.06$ $b = 743.93$ $\vartheta_u = 8.34$
Ende $\vartheta_o = 8.06$ $b = 744.02$ $\vartheta_u = 8.36$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung —0.1 zu corrigiren. [2] dgl. —0.2 zu corr.

---

18. Januar 1895. Anfangsstellung $\frac{Sm}{Hm} \Big| \frac{Ho}{Sp}$

I	II	III	IV	V
526.6 499.2 525.7	521.1 503.8 520.8	524.7 504.2 524.0	520.0 504.1 520.0	525.1 504.0 524.3
480.1 501.4 481.3	478.3 501.0 479.6	481.2 501.0 482.5	478.1 501.0 479.7	483.9 501.2 485.0
523.1 504.1 522.7	518.8 503.7 518.3	524.1 504.0 523.8	521.2 503.8 520.9	524.9 504.1 524.1
480.9 501.5 482.1	476.2 500.8 477.8	484.1 501.1 485.1	480.7 500.8 481.8	
l $3_$+$1_\cup$+0.8.. r 0	l 9.+0.8.. r 1.+1.4.	l 9.+$1_\cup$+0.8.. r 0	l 9.+0.8.. r 1.+1.4.	l $3_$+$1_\cup$+0.8.. r 0
l $3_$+$1_\cup$ r 0	l 9. r 1.+1.4.	l 9.+$1_\cup$ r 0	l 9. r 1.+1.4.	l $3_$+$1_\cup$ r 0

Anfang $\vartheta_o = 8.06$ $b = 752.63$ $\vartheta_u = 8.32$
Ende $\vartheta_o = 8.06$ $b = 753.88$ $\vartheta_u = 8.32$

---

19. Januar 1895. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Ho} \Big| \frac{Hm}{Sm}$

I	II	III	IV[1]	V
524.8 504.7 524.3	520.7 503.5 520.2	473.0 501.0 474.6	468.7 501.3 470.2	531.7 504.1 530.9
472.1 501.4 473.7	461.0 503.6 463.0	529.2 504.6 528.3	524.6 502.5 524.0	478.1 501.6 479.5
527.9 502.1 527.0	527.5 496.4 526.5	474.0 501.0 475.3	471.5 501.6 472.9	535.1 503.1 533.9
	464.2 500.6 466.4	528.6 504.2 527.9	527.0 503.5 526.2	
l 9.+1.4.. r $3_=$	l $3_$+$1_\cup$+0.8.. r 0	l 9.+1.4.. r $3_=$+1.	l $3_$+0.8.. r 0	l 9.+1.4.. r $3_=$
l 9.+1.4.. r $3_=$+1.	l $3_$+0.8.. r 0	l 9.+1.4.. r $3_=$	l $3_$+$1_\cup$+0.8.. r 0	l 9.+1.4.. r $3_=$+1.

Anfang $\vartheta_o = 8.10$ $b = 759.54$ $\vartheta_u = 8.31$
Ende $\vartheta_o = 8.11$ $b = 759.35$ $\vartheta_u = 8.30$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung —0.1 zu corrigiren.

22. Januar 1895. Anfangsstellung $\frac{Sm \mid Ho}{Hm \mid Sp}$

I	II[1]	III	IV	V
471.0 501.5 472.2	478.2 501.0 479.2	530.2 504.5 529.2	527.8 504.0 526.8	480.5 501.3 481.7
525.3 505.2 525.0	528.7 500.3 527.0	471.0 501.2 472.3	483.0 501.3 484.0	534.5 504.7 533.4
470.2 502.7 472.0	479.7 503.0 481.0	531.9 503.0 530.9	526.9 504.0 526.0	475.0 503.0 476.6
	530.1 501.8 529.0	475.3 502.6 476.8	483.8 501.5 484.4	
l 3_+0.8.. *r* 0 *l* 3_+1◡+0.8.. *r* 0	*l* 9.+1.4.. *r* 3=+0.8$_\circ$ *l* 9.+1.4.. *r* 3=	*l* 3_+1◡+0.8.. *r* 0 *l* 3_+0.8.. *r* 0	*l* 9.+1.4.. *r* 3= *l* 9.+1.4.. *r* 3=+0.8$_\circ$	*l* 3_+0.8.. *r* 0 *l* 3_+1◡+0.8.. *r* 0

Anfang $\vartheta_o = 8.12$ $b = 752.22$ $\vartheta_u = 8.31$
Ende $\vartheta_o = 8.12$ $b = 752.21$ $\vartheta_u = 8.30$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung —0.1 zu corrigiren.

---

25. Januar 1895. Anfangsstellung $\frac{Sp \mid Hm}{Ho \mid Sm}$

I	II	III	IV	V
475.9 501.8 476.8	481.8 502.0 482.8	478.5 501.8 479.8	526.4 503.4 526.0	526.4 503.8 526.0
519.9 503.6 519.6	523.1 503.7 522.8	524.0 503.0 523.7	481.6 502.1 482.3	485.2 501.1 486.0
475.8 501.9 477.0	482.0 501.4 483.0	482.8 502.2 483.6	528.7 504.0 528.1	530.1 503.5 529.5
519.0 503.3 518.9	528.0 503.9 527.3	523.3 503.3 523.0	482.6 501.0 483.5	482.0 501.5 483.0
		478.8 502.8 479.9		
l 9.+1.4.. *r* 1.+3= *l* 9.+1.4..+0.8.. *r* 1.+3=	*l* 3_+1◡ *r* 0 *l* 3_+1◡+0.8.. *r* 0	*l* 9.+1.4.. *r* 1.+3= *l* 9.+1.4..+0.8.. *r* 1.+3=	*l* 3_+1◡+0.8.. *r* 0 *l* 3_+1◡ *r* 0	*l* 9.+1.4..+0.8.. *r* 1.+3= *l* 9.+1.4.. *r* 1.+3=

Anfang $\vartheta_o = 8.08$ $b = 733.99$ $\vartheta_u = 8.30$
Ende $\vartheta_o = 8.06$ $b = 734.15$ $\vartheta_u = 8.30$

---

26. Januar 1895. Anfangsstellung $\frac{Ho \mid Sm}{Sp \mid Hm}$

I	II[1]	III[2]	IV[3]	V[2]
476.2 505.1 477.8	477.0 508.0 478.8[4]	527.1 503.7 526.9	531.0 503.6 530.6	481.1 502.1 482.3
526.6 502.0 525.9	527.1 504.1 526.9	479.8 502.9 481.0	484.0 504.8 485.0	529.9 504.0 529.5
479.5 501.7 480.5	483.0 502.4 484.0	528.0 504.1 527.5	535.1 504.0 534.1	480.7 507.9 482.0
	528.0 504.2 527.4	482.0 504.3 483.0	488.7 501.9 489.2	
l 9.+1.4.. *r* 3=+0.8$_\circ$ *l* 9.+1.4.. *r* 3=	1) *l* 3_+1◡ *r* 0 3) *l* 3_+1◡+0.8.. *r* 0.8$_\circ$ 2 u. 4) *l* 3_+1◡+0.8.. *r* 0	*l* 9.+1.4.. *r* 3= *l* 9.+1.4.. *r* 3=+0.8$_\circ$	*l* 3_+1◡+0.8.. *r* 0 *l* 3_+1◡+0.8.. *r* 0.8$_\circ$	*l* 9.+1.4.. *r* 3=+0.8$_\circ$ *l* 9.+1.4.. *r* 3=

Anfang $\vartheta_o = 8.06$ $b = 746.52$ $\vartheta_u = 8.28$
Ende $\vartheta_o = 8.06$ $b = 747.45$ $\vartheta_u = 8.28$

[1] wegen Nullpunktsversch. —0.1 zu corr. [2] dgl. —0.2 zu corr. [3] dgl. —0.3 zu corr.
[4] auf 3) zu transformiren.

29. Januar 1895. Anfangsstellung $\frac{Hm}{Sm} \Big| \frac{Sp}{Ho}$

I	II[1]	III[1]	IV[2]	V[2]
517.2 504.0 516.3	521.0 501.0 520.8	479.1 502.9 480.2	520.7 501.0 520.2	530.9 500.7 530.0
470.7 501.9 472.0	472.5 502.0 474.0	525.1 502.6 524.8	478.5 501.9 479.3	479.6 504.1 480.2
519.9 503.8 519.1	518.0 503.5 517.9	480.0 502.0 480.8	524.8 500.5 523.7	526.5 502.2 525.3
	476.0 502.0 477.2	525.4 503.0 525.0	477.2 503.2 478.1	
l 3_+1◡+0.8.. *r* 0 *l* 3_+1◡ *r* 0	*l* 9.+1.4..+0.8.. *r* 3=+1. *l* 9.+1.4.. *r* 3=+1.	*l* 3_+1◡ *r* 0 *l* 3_+1◡+0.8.. *r* 0	*l* 9.+1.4..+0.8.. *r* 3=+1. *l* 9.+1.4.. *r* 3=+1.	*l* 3_+1◡+0.8.. *r* 0 *l* 3_+1◡ *r* 0

Anfang $\vartheta_o = 7.57$ $b = 767.02$ $\vartheta_u = 8.08$
Ende $\vartheta_o = 7.56$ $b = 767.40$ $\vartheta_u = 8.08$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung −0.2 zu corrigiren. [2] dgl. −0.3 zu corr.

---

31. Januar 1895. Anfangsstellung $\frac{Ho}{Sp} \Big| \frac{Sm}{Hm}$

I	II	III	IV	V
523.0 503.1 522.2	480.5 496.4 481.1	481.0 502.7 482.0	480.4 502.0 481.4	527.1 504.4 527.0
474.8 502.0 475.9	522.8 504.0 522.1	528.0 504.6 527.5	520.0 503.9 520.0	478.8 501.7 479.8
524.6 503.9 524.2	477.0 502.8 477.9	481.8 501.8 482.9	480.2 501.5 481.4	529.8 503.4 529.4
480.2 501.8 481.2	522.2 503.1 521.9	530.0 503.9 529.7	520.2 503.0 520.1	477.5 504.0 478.7
		480.5 502.9 481.6		
l 9.+1.4.. *r* 3= *l* 9.+1.4.. *r* 3=+0.8$_0$	*l* 3_+0.8.. *r* 0 *l* 3_+1.4..+1◡ *r* 0.8$_0$	*l* 9.+1.4.. *r* 3=+0.8$_0$ *l* 9.+1.4.. *r* 3=	*l* 3_+0.8.. *r* 0 *l* 3_+1.4..+1◡ *r* 0.8$_0$	*l* 9.+1.4.. *r* 3= *l* 9.+1.4.. *r* 3=+0.8.$_0$

Anfang $\vartheta_o = 7.34$ $b = 764.14$ $\vartheta_u = 7.88$
Ende $\vartheta_o = 7.34$ $b = 763.74$ $\vartheta_u = 7.88$

---

5. Februar 1895. Anfangsstellung $\frac{Hm}{Sm} \Big| \frac{Sp}{Ho}$

I[1]	II	III	IV[2]
519.9 504.5 519.7	529.8 505.3 529.1	478.9 504.9 480.2	483.0 502.2 484.0
471.2 503.5 473.0	479.5 503.2 481.2	531.2 501.1 530.8	534.0 504.9 533.2
521.0 502.4 520.9	529.8 503.2 528.9	484.0 505.0 485.0	483.0 506.9 484.2
	484.1 503.2 485.0	535.2 503.2 534.8	
l 3_+1◡+0.8.. *r* 0 *l* 3_+1◡ *r* 0	*l* 9.+1.4.. *r* 3= *l* 9.+1.4.. *r* 3=+0.8$_0$	*l* 9. *r* 3=+1.+0.8$_0$ *l* 9. *r* 3=+1.	*l* 9.+1.4.. *r* 3=+0.8$_0$ *l* 9.+1.4.. *r* 3=

Anfang $\vartheta_o = 7.21$ $b = 757.01$ $\vartheta_u = 7.61$
Ende $\vartheta_o = 7.19$ $b = 757.04$ $\vartheta_u = 7.63$

[1] auf III zu transformiren. [2] wegen Nullpunktsverschiebung +0.1 zu corrigiren.

8. Februar 1895. Anfangsstellung $\frac{Ho \mid Sm}{Sp \mid Hm}$

I			II			III			IV			V		
517.4	502.1	517.1	527.1	504.0	526.9	523.8	502.5	523.6	529.0	504.7	528.7	528.0	504.4	527.5
469.8	502.0	471.1	479.2	502.7	480.5	477.5	502.2	478.8	486.0	502.8	487.0	478.5	503.1	479.6
517.0	503.9	517.2	528.3	504.5	528.0	523.6	504.0	522.2	532.1	504.0	531.6	521.7	503.0	521.6
470.2	501.8	472.0	483.0	502.1	484.0	478.5	502.9	480.1	483.0	502.1	483.9			
l 9.+1.4.. *r* $3_{=}$			*l* 3_+$1_{\cup}$+0.8.. *r* 0			*l* 9.+1.4.. *r* $3_{=}$			*l* 3_+$1_{\cup}$+0.8.. *r* 0			*l* 9.+1.4.. *r* $3_{=}$		
l 9.+1.4.. *r* $3_{=}$+$0.8_{\circ}$			*l* 3_+$1_{\cup}$+0.8.. *r* $0.8_{\circ}$			*l* 9.+1.4.. *r* $3_{=}$+$0.8_{\circ}$			*l* 3_+$1_{\cup}$+0.8.. *r* $0.8_{\circ}$			*l* 9.+1.4.. *r* $3_{=}$+$0.8_{\circ}$		

Anfang $\vartheta_o = 6.75$ $b = 759.61$ $\vartheta_u = 7.38$
Ende $\vartheta_o = 6.73$ $b = 759.40$ $\vartheta_u = 7.38$

---

9. Februar 1895. Anfangsstellung $\frac{Hm \mid Sp}{Sm \mid Ho}$

I			II[1]			III[1]			IV[1]			V[1]		
469.9	502.9	471.2	466.8	504.0	468.3	525.1	499.0	524.5	522.1	503.4	521.9	526.7	502.1	526.0
518.2	500.2	517.8	517.1	501.2	516.6	474.7	512.0	475.2	472.5	502.0	474.0	475.2	503.5	476.2
470.4	502.1	472.1	471.7	502.7	472.9	521.4	504.3	520.8	522.0	500.0	521.2	519.0	501.9	518.2
			518.2	503.9	518.0	476.1	503.8	477.1	469.5	503.9	471.0			
l 3_+$1_{\cup}$ *r* 0			*l* 9.+1.4.. *r* $3_{=}$+1.			*l* 3_+$1_{\cup}$+0.8.. *r* 0			*l* 9.+1.4..+0.8..			*l* 3_+$1_{\cup}$+0.8.. *r* 0		
l 3_+$1_{\cup}$+0.8.. *r* 0			*l* 9.+1.4..+0.8..			*l* 3_+$1_{\cup}$ *r* 0			*r* $3_{=}$+1.			*l* 3_+$1_{\cup}$ *r* 0		
			r $3_{=}$+1.						*l* 9.+1.4.. *r* $3_{=}$+1.					

Anfang $\vartheta_o = 6.58$ $b = 756.60$ $\vartheta_u = 7.24$
Ende $\vartheta_o = 6.56$ $b = 756.76$ $\vartheta_u = 7.26$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung −0.1 zu corrigiren.

---

20. Februar 1895. Anfangsstellung $\frac{Ho \mid Sm}{Sd \mid Hm}$

I			II			III			IV			V[1]		
527.0	504.0	526.2	521.1	503.0	520.9	480.2	506.0	481.8	475.9	503.2	477.0	534.9	501.4	533.9
478.9	505.0	480.9	476.5	504.0	478.0	528.0	504.8	527.2	523.7	504.2	523.8	485.9	503.0	486.9
529.2	503.0	528.9	519.0	504.9	519.0	483.2	506.0	484.8	476.0	503.0	477.7	529.8	505.1	529.2
			475.9	503.0	477.0	532.8	506.0	532.2	529.9	501.3	529.1			
l 9.+0.8.. *r* 1.			*l* 3_+1.4.. *r* $0.8_{\circ}$			*l* 9. *r* 1.			*l* 3_+0.8.. *r* 1.			*l* 9.+$0.8_{\circ}$ *r* 1.		
l 9. *r* 1.			*l* 3_+0.8.. *r* 1.			*l* 9.+0.8.. *r* 1.			*l* 3_+1.4.. *r* $0.8_{\circ}$			*l* 9. *r* 1.		

Anfang $\vartheta_o = 6.07$ $b = 762.47$ $\vartheta_u = 6.49$
Ende $\vartheta_o = 6.09$ $b = 762.27$ $\vartheta_u = 6.50$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung −0.2 zu corrigiren.

22. Februar 1895. Anfangsstellung $\frac{Hm}{Sm} \Big| \frac{Sd}{Ho}$

I	II	III	IV	V
478.5 501.5 479.8	527.0 504.2 526.9	488.0 504.9 488.9	482.0 502.0 483.3	488.6 502.2 489.5
525.3 503.6 525.0	481.4 502.6 482.8	536.0 505.0 535.1	532.8 504.0 532.0	531.6 504.8 530.9
479.1 502.2 480.4	529.0 504.0 528.4	484.3 501.7 485.4	488.8 502.1 489.7	482.5 503.9 483.6
529.5 503.8 528.8	483.4 502.4 484.6	534.1 504.0 533.4	525.2 504.0 525.0	
l 3_ *r* 0 *l* 3_+0.8.. *r* 0	*l* 9.+1ᵤ+0.8.. *r* 1.4.+0.8₀ *l* 9.+1ᵤ *r* 1.4.+0.8₀	*l* 3_ *r* 0 *l* 3_+0.8.. *r* 0	*l* 9.+1ᵤ *r* 0.8₀+1.4. *l* 9.+1ᵤ+0.8.. *r* 0.8₀+1.4.	*l* 3_ *r* 0 *l* 3_+0.8.. *r* 0

Anfang $\vartheta_o = 6.16$ $b = 756.55$ $\vartheta_u = 6.54$
Ende $\vartheta_o = 6.18$ $b = 757.18$ $\vartheta_u = 6.54$

---

23. Februar 1895. Anfangsstellung $\frac{Ho}{Sd} \Big| \frac{Sm}{Hm}$

I	II[1]	III[2]	IV[2]	V[3]
525.2 498.3 524.8	472.1 505.9 474.0	472.1 508.0 474.0	531.5 496.2 530.5	524.0 504.0 524.0
467.9 503.5 469.9	526.2 500.2 525.8	521.6 501.1 521.2	481.3 502.1 482.5	479.9 503.3 481.0
525.2 500.1 524.8	472.4 502.0 474.0	475.9 502.3 477.1	522.8 500.2 522.3	524.9 502.7 524.3
	524.8 501.1 524.1	527.0 499.9 526.2	476.1 502.7 477.3	
l 9.+1ᵤ *r* 1.4. *l* 9.+1ᵤ *r* 1.4.+0.8₀	*l* 9. *r* 3₌+1.4.+1.+0.8₀ *l* 9. *r* 3₌+1.4.+1.	*l* 9.+1ᵤ *r* 1.4.+0.8₀ *l* 9.+1ᵤ *r* 1.4.	*l* 9. *r* 3₌+1.4.+1. *l* 9. *r* 3₌+1.4.+1.+0.8₀	*l* 9.+1ᵤ *r* 1.4. *l* 9.+1ᵤ *r* 1.4.+0.8₀

Anfang $\vartheta_o = 6.23$ $b = 761.94$ $\vartheta_u = 6.57$
Ende $\vartheta_o = 6.25$ $b = 760.70$ $\vartheta_u = 6.57$

[1] wegen Nullpunktsversch. —0.2 zu corr. [2] dgl. —0.3 zu corr. [3] dgl. —0.4 zu corr.

---

26. Februar 1895. Anfangsstellung $\frac{Hm}{Sm} \Big| \frac{Sd}{Ho}$

I	II	III	IV	V
463.3 503.1 465.2	518.5 503.7 518.3	523.7 503.8 523.2	476.9 501.6 478.1	474.1 501.3 475.7
521.7 504.3 521.3	471.9 501.6 473.2	472.2 502.1 474.0	521.9 503.1 521.7	529.2 504.5 529.5
463.7 502.0 465.1	520.9 502.8 520.6	528.0 501.5 527.2	468.4 502.0 470.0	472.0 502.7 473.2
	466.4 503.0 468.0	472.3 501.8 473.9	529.0 502.5 528.3	
			473.1 503.1 474.7	
			522.6 503.0 522.2	
l 9. *r* 3₌+1.4.+1.+0.8₀ *l* 9. *r* 3₌+1.4.+0.8₀	*l* 9.+0.8.. *r* 1.4. *l* 9. *r* 1.4.	*l* 9. *r* 3₌+1.4.+0.8₀ *l* 9. *r* 3₌+1.4.+1.+0.8₀	*l* 9. *r* 1.4. *l* 9.+0.8.. *r* 1.4.	*l* 9. *r* 3₌+1.4.+1.+0.8₀ *l* 9. *r* 3₌+1.4.+0.8₀

Anfang $\vartheta_o = 6.28$ $b = 750.31$ $\vartheta_u = 6.62$
Ende $\vartheta_o = 6.29$ $b = 748.63$ $\vartheta_u = 6.61$

1. März 1895. Anfangsstellung $\dfrac{Sm \mid Ho}{Hm \mid Sd}$

I			II			III			IV			V		
479.5	501.0	480.3	478.0	501.9	479.0	485.1	501.0	485.9	482.8	504.0	483.8	534.1	504.0	533.7
523.1	503.6	522.8	525.0	503.6	524.7	533.4	502.7	532.9	528.7	503.6	528.1	480.1	504.0	481.5
479.1	502.5	480.5	480.4	502.0	481.5	485.2	501.9	486.0	481.2	502.0	482.3	527.9	503.2	527.5
525.2	503.9	525.0	529.7	502.9	529.2	529.0	502.5	528.6	522.0	503.2	522.0	479.9	504.7	481.0
									484.9	500.9	485.3			
									521.7	503.1	521.8			
l 3_+0.8.. *r* 1. *l* 3_+1.4.. *r* 0.8$_0$			*l* 9.+1◡ *r* 0.8$_0$+1.4. *l* 9.+1◡ *r* 1.4.			*l* 3_+0.8.. *r* 1. *l* 3_+1.4.. *r* 0.8$_0$			*l* 9.+1◡ *r* 0.8$_0$+1.4. *l* 9.+1◡ *r* 1.4.			*l* 3_+1.4.. *r* 0.8$_0$ *l* 3_+0.8.. *r* 1.		

Anfang $\vartheta_o = 6.35$ $b = 752.29$ $\vartheta_u = 6.69$
Ende $\vartheta_o = 6.36$ $b = 751.32$ $\vartheta_u = 6.69$

---

4. März 1895. Anfangsstellung $\dfrac{Sd \mid Hm}{Ho \mid Sm}$

I			II[1]			III[1]			IV[2]			V[2]		
526.0	503.2	525.6	463.9	507.3	465.9	484.2	504.0	485.3	537.2	504.5	534.7	540.3	504.8	539.5
477.0	503.0	478.0	527.0	501.7	526.7	533.2	499.8	532.7	473.2	502.8	474.7	483.9	509.0	485.0
527.2	503.5	527.0	470.5	505.2	472.1	472.5	503.0	474.0	536.6	502.8	535.9	536.6	502.2	535.8
479.8	504.7	481.0	528.2	503.9	528.0	532.2	502.2	531.7	467.8	502.1	469.2	487.0	506.2	488.2
			471.0	503.8	472.5	481.9	504.1	483.0	534.2	504.5	533.8			
l 9.+1◡ *r* 1.4. *l* 9.+1◡ *r* 1.4.+0.8$_0$			*l* 9. *r* 3=+1.4.+1.+0.8$_0$ *l* 9. *r* 3=+1.4.+0.8$_0$			1 u. 5) *l* 9.+1◡ *r* 1.4.+0.8$_0$ 3) *l* 9.+1◡ *r* 1.4.+1.[3] 2 u. 4) *l* 9.+1◡ *r* 1.4.			*l* 9. *r* 3=+1.4.+0.8$_0$ *l* 9. *r* 3=+1.4.+1.0.8$_0$			*l* 9.+1◡ *r* 1.4. *l* 9.+1◡ *r* 1.4.+0.8$_0$		

Anfang $\vartheta_o = 6.38$ $b = 748.34$ $\vartheta_u = 6.71$
Ende $\vartheta_o = 6.39$ $b = 748.85$ $\vartheta_u = 6.71$

[1] wegen Nullpunktsversch. −0.1 zu corr. [2] dgl. −0.2 zu corr. [3] umzurechnen auf 1 u. 5.

---

7. März 1895. Anfangsstellung $\dfrac{Sm \mid Ho}{Hm \mid Sd}$

I			II[1]			III[1]			IV[1]			V[2]		
521.2	504.1	521.0	526.1	504.8	526.0	479.0	506.2	480.2	467.2	502.6	469.0	527.9	500.8	527.3
474.0	501.9	475.0	469.2	502.0	471.0	529.0	502.1	528.6	533.3	500.9	532.7	478.0	505.0	479.1
525.0	501.0	524.4	528.1	504.3	528.0	472.0	504.0	473.5	466.9	502.1	468.1	529.8	503.9	529.0
			468.9	503.5	470.2	522.0	502.7	521.9	526.5	501.3	526.0			
l 9. *r* 3=+1.4.+1. *l* 9. *r* 3=+1.4.+1.+0.8$_0$			*l* 9.+1◡ *r* 1.4. *l* 9. *r* 1.4.			*l* 9. *r* 3=+1.4.+1.+0.8$_0$ *l* 9. *r* 3=+1.4.+1.			*l* 9. *r* 1.4. *l* 9.+1◡ *r* 1.4.			*l* 9. *r* 3=+1.4.+1. *l* 9. *r* 3=+1.4.+1.+0.8$_0$		

Anfang $\vartheta_o = 6.35$ $b = 760.97$ $\vartheta_u = 6.69$
Ende $\vartheta_o = 6.35$ $b = 760.93$ $\vartheta_u = 6.69$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung −0.1 zu corrigiren. [2] dgl. −0.3 zu corr.

III. Wägungen ohne Bleiklotz.

Verticalvertauschungen.

19. November 1891. Anfangsstellung $\frac{Sd \mid Hm}{Ho \mid Sp}$

I			II			III			IV			V		
520.0	508.0	519.7	528.4	500.8	527.8	453.8	500.8	458.2	528.7	500.7	528.3	525.5	489.9	524.8
467.0	500.5	469.6	503.2	459.8	501.3	523.9	499.4	523.7	467.7	500.8	470.3	450.4	502.1	454.6
526.4	505.7	526.1	526.7	499.1	526.0	459.0	501.2	462.3	536.0	500.1	534.8	522.0	496.3	521.1
460.3	500.0	463.2	455.7	505.1	460.1	522.8	499.1	522.2	468.0	500.9	470.6	452.2	500.8	455.8
l 1.+0.8_0		r 0	l 1.4.		r 0	l 0.8_0		r 0	l 1.		r 0.8.	l 1.+0.8_0		r 0
l 0.8_0		r 0	l 1.4.		r 1..	l 1.+0.8_0		r 0	l 0		r 0.8.	l 0.8_0		r 0

Anfang $\vartheta_o = 9.96$ $b = 761.94$ $\vartheta_u = 9.98$
Ende $\vartheta_o = 9.94$ $b = 761.34$ $\vartheta_u = 10.00$

I. II. III. kreuzweise Vertauschung und Rückvertauschung.
III. IV. V. Horizontalvertauschung und Rückvertauschung.

Der Berechnung dieser Reihe ist die Einstellungsdifferenz von II und IV zu Grunde zu legen, welche durch Verticalvertauschung eine aus der anderen hervorgegangen gedacht werden können. Die gleichzeitige Wanderung des Nullpunkts leitet man aus I III V ab, und eliminirt dieselbe aus der Differenz II gegen IV. Vergl. auch die Berechnung der Horizontalvertauschungen. II auf l 1.4. r $\frac{1}{2}$1.. IV auf l $\frac{1}{2}$1. r 0.8. zu berechnen.

---

23. November 1891. Anfangsstellung $\frac{Sp \mid Ho}{Hm \mid Sd}$

I			II			III			IV			V		
475.6	500.0	477.1	478.0	501.3	479.8	502.0	479.1	501.2	473.3	500.7	476.0	484.0	500.9	485.0
525.3	504.5	524.7	522.5	504.0	521.8	505.0	534.0	507.0	526.0	504.0	525.0	536.0	505.0	534.9
527.8	504.0	526.9	476.0	499.9	477.3	490.7	501.0	491.3	477.5	500.9	479.0	485.6	501.0	486.7
483.0	501.0	484.4	524.0	502.9	523.0	537.2	504.9	535.8	529.5	504.5	528.1	535.8	505.0	534.1
480.2	500.0	481.5	481.0	500.0	482.0	491.2	501.4	492.0	479.1	500.0	480.4	489.0	501.0	489.9
l 1.		r 0	l 1.		r 1.4..	l 1.		r 0	l 1.		r 1.4..	l 1.		r 0
l 1.+0.8_0		r 0	l 1.+0.8_0		r 1.4..	l 1.+0.8_0		r 0	l 1.+0.8_0		r 1.4..	l 1.+0.8_0		r 0

Anfang $\vartheta_o = 10.02$ $b = 755.76$ $\vartheta_u = 10.02$
Ende $\vartheta_o = 10.01$ $b = 755.76$ $\vartheta_u = 10.01$

---

24. November 1891. Anfangsstellung $\frac{Sp \mid Ho}{Hm \mid Sd}$

I			II			III			IV			V		
524.9	501.3	524.3	530.0	504.7	529.8	457.5	500.9	462.0	462.1	503.3	466.5	522.3	507.0	521.9
461.6	502.5	464.7	470.2	502.8	473.4	528.3	500.3	527.8	530.7	505.9	530.3	465.6	502.2	468.4
521.8	505.2	521.6	537.8	505.0	536.8	466.7	502.0	469.5	469.2	505.0	472.2	531.1	501.7	530.0
470.0	500.5	472.4	473.0	502.0	475.5	531.8	499.7	530.5	536.3	506.5	535.5	464.8	502.8	467.7
l 1.4.+1.		r 0.8.	l 1.4.		r 1..	l 1.4.		r 0.8.	l 0.8_0		r 1.4..	l 1.4.+1.		r 0.8.
l 1.4.		r 0.8.	l 0.8_0		r 1.4..	l 1.4.+1.		r 0.8.	l 1.4.		r 1..	l 1.4.		r 0.8.

Anfang $\vartheta_o = 9.91$ $b = 759.02$ $\vartheta_u = 9.94$
Ende $\vartheta_o = 9.89$ $b = 759.05$ $\vartheta_u = 9.94$

25. November 1891. Anfangsstellung $\frac{Sp}{Hm}\Big|\frac{Ho}{Sd}$

I	II[1]	III	IV	V
461.5 499.0 464.0	471.3 500.0 473.6	459.5 500.1 463.3	451.4 499.7 455.4	461.0 500.5 464.5
512.6 502.1 512.2	524.0 503.7 523.4	510.7 503.0 510.9	498.0 509.0 499.6	515.1 503.0 515.0
461.0 498.5 463.0	474.5 500.0 476.0	460.1 498.9 462.4	461.0 498.5 463.0	467.7 499.3 469.5
515.0 503.2 514.8	522.7 503.1 521.8	512.0 502.0 512.3	508.7 502.4 508.5	515.1 503.0 514.9
461.0 498.9 463.0	478.0 500.0 479.4	464.5 499.4 466.9	462.0 498.5 464.0	466.0 499.4 468.0
l 1.4. *r* 0.8.	*l* 1.+1.4. *r* 3=	*l* 1.4. *r* 0.8.	*l* 0 *r* 0.8.	*l* 1.4. *r* 0.8.
l 1.4.+0.8$_0$ *r* 0.8.	*l* 1.+1.4.+0.8$_0$ *r* 3=	*l* 1.4.+0.8$_0$ *r* 0.8.	*l* 0.8$_0$ *r* 0.8.	*l* 1.4.+0.8$_0$ *r* 0.8.

Anfang $\vartheta_o = 9.85$ $b = 757.11$ $\vartheta_u = 9.92$
Ende $\vartheta_o = 9.81$ $b = 756.71$ $\vartheta_u = 9.92$

[1] auf Aeq. IV zu transformiren.

---

1. December 1891. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Ho}\Big|\frac{Hm}{Sp}$

I	II	III	IV	V
467.8 501.3 470.7	474.3 501.9 477.5	533.9 507.0 533.9	544.2 506.4 543.5	467.0 507.9 471.8
469.1 500.3 471.3	536.8 504.9 535.4	476.3 504.8 479.1	484.0 501.7 485.8	537.6 506.5 536.0
471.7 500.0 474.0	473.3 503.8 476.0	536.8 506.2 535.5	544.9 506.3 543.0	478.2 503.7 480.4
	537.7 504.2 536.2	475.3 503.4 477.5	484.7 502.0 486.1	545.4 504.2 543.3
l 1.4.+1. *r* 0.8.	*l* 1.4. *r* 1..	*l* 3_+1.4. *r* 1..+0.8.	*l* 1.4.+1. *r* 1..	*l* 1.4.+1. *r* 0.8.
	l 1.4.+1. *r* 1..	*l* 1.+1.4. *r* 0.8.	*l* 1.4. *r* 1..	*l* 3_+1.4. *r* 1..+0.8.

Anfang $\vartheta_o = 10.04$ $b = 761.14$ $\vartheta_u = 10.01$
Ende $\vartheta_o = 9.94$ $b = 761.62$ $\vartheta_u = 9.99$

ϑ_o künstlich gesteigert.

Für I II III $\vartheta_o - \vartheta_u = \pm 0.00$; II III IV $\vartheta_o - \vartheta_u = -0.03$; III IV V $\vartheta_o - \vartheta_u = -0.05$. Jedesmaliges Resultat besonders zu berechnen.

---

3. December 1891. Anfangsstellung $\frac{Hm}{Sp}\Big|\frac{Sd}{Ho}$

I	II	III	IV	V
526.3 502.3 525.3	529.8 506.0 528.9	468.3 503.5 472.3	467.0 502.6 471.1	529.7 506.2 529.7
465.0 501.5 467.8	475.7 501.3 477.7	535.0 503.0 533.9	533.7 506.4 533.2	469.1 504.3 472.1
523.3 506.0 523.0	531.3 506.0 530.8	467.0 503.9 470.1	474.0 503.0 476.5	535.2 505.4 534.1
	476.7 501.3 478.3	532.0 506.0 531.2	538.8 505.6 537.2	470.0 505.0 473.0
			471.1 502.7 473.4	
l 1.4. *r* 1..	*l* 1.4.+1. *r* 0.8.	*l* 0.8$_0$ *r* 1.4..	*l* 1.4. *r* 0.8.	*l* 1.4. *r* 1..
l 0.8$_0$ *r* 1.4..	*l* 1.4. *r* 0.8.	*l* 1.4. *r* 1..	*l* 1.4.+1. *r* 0.8.	*l* 0.8$_0$ *r* 1.4..

Anfang $\vartheta_o = 10.08$ $b = 761.71$ $\vartheta_u = 9.81$
Ende $\vartheta_o = 9.81$ $b = 761.45$ $\vartheta_u = 9.81$

ϑ_o künstlich gesteigert.

Für I II III $\vartheta_o - \vartheta_u = +0.16$; II III IV $\vartheta_o - \vartheta_u = +0.10$; III IV V $\vartheta_o - \vartheta_u = +0.05$. Jedesmaliges Resultat besonders zu berechnen.

31. Mai 1892. Anfangsstellung $\frac{Sm \mid Hm}{Ho \mid Sp}$

I	II	III	IV	V
479.6 502.2 480.4	486.8 502.0 487.7	523.1 501.3 522.2	524.6 500.4 524.2	477.0 503.9 478.2
526.0 503.1 525.7	525.5 500.0 525.2	481.9 499.7 483.0	483.7 499.2 484.4	518.1 502.1 518.0
484.3 501.8 484.9	485.1 501.2 485.9	518.0 504.2 517.8	514.8 502.3 514.8	471.9 501.6 473.0
523.4 503.2 523.1	525.7 502.5 525.2	476.2 501.6 477.3	481.1 501.0 482.0	517.0 500.5 517.1
484.8 500.0 485.8	492.4 500.4 493.1	517.1 503.1 516.8	519.1 505.8 518.9	474.1 501.8 475.4
521.1 502.9 520.9	518.1 505.0 517.9	479.5 501.2 480.5	481.0 501.6 482.0	510.9 503.0 511.0
l 1.+3_+9_0 r 1.4.. l 1.+3_+9_0+0.8_0 r 1.4..	l 1.4.+9_0 r 0 l 1.4.+9_0+0.8_0 r 0	l 0.8_0+1.+3_+9_0 r 1.4.. l 1.+3_+9_0 r 1.4..	l 1.4.+9_0+0.8_0 r 0 l 1.4.+9_0 r 0	l 1.+3_+9_0 r 1.4.. l 1.+3_+9_0+0.8_0 r 1.4..

Anfang $\vartheta_o = 7.92$ $\vartheta_u = 7.92$
Ende $\vartheta_o = 7.95$ $\vartheta_u = 7.93$

---

1. Juni 1892. Anfangsstellung $\frac{Sm \mid Hm}{Ho \mid Sp}$

I	II	III	IV	V
533.1 491.0 531.5	483.4 501.0 484.4	478.5 500.6 479.5	524.0 503.2 523.7	479.8 500.8 480.8
486.1 501.5 487.1	521.8 503.8 521.2	519.0 502.9 518.8	480.4 500.5 481.3	513.6 502.8 513.4
524.7 503.7 524.6	476.8 500.0 477.9	479.1 501.2 480.1	514.0 502.7 514.0	480.0 501.0 481.1
483.9 501.5 484.8	519.2 501.3 519.0	527.5 505.1 526.8	470.2 501.0 471.6	510.5 501.7 510.2
521.7 503.4 521.0	485.1 500.9 486.0	480.8 500.5 481.4	513.0 502.2 512.8	472.3 500.0 473.4
485.0 500.5 485.7	516.0 503.0 516.0	516.0 503.0 515.8	475.6 500.0 476.5	514.0 502.3 514.0
	486.9 501.0 488.0	483.0 501.0 484.1	510.1 502.8 510.1	
l 1.+3_+9_0+0.8_0 r 1.4.. l 1.+3_+9_0 r 1.4..	l 1.4.+9_0 r 0 l 1.4.+9_0+0.8_0 r 0	l 1.+3_+9_0 r 1.4.. l 1.+3_+9_0+0.8_0 r 1.4..	l 1.4.+9_0+0.8_0 r 0 l 1.4.+9_0 r 0	l 3_+1.+9_0+0.8_0 r 1.4.. l 3_+1.+9_0 r 1.4..

Anfang $\vartheta_o = 7.96$ $b = 754.82$ $\vartheta_u = 7.95$
Ende $\vartheta_o = 7.99$ $b = 753.87$ $\vartheta_u = 7.96$

---

2. Juni 1892. Anfangsstellung $\frac{Sm \mid Hm}{Ho \mid Sp}$

I	II	III	IV	V
484.9 501.0 485.5	484.8 502.0 485.6	514.8 502.8 514.6	517.4 502.8 517.0	509.0 502.0 509.1
521.2 504.0 521.0	511.0 502.0 510.9	474.4 499.5 475.7	472.7 500.0 473.9	472.4 500.5 473.6
480.2 500.8 481.2	482.0 500.0 482.6	514.5 503.0 514.1	510.2 502.5 510.1	510.0 502.2 510.0
522.0 502.7 521.4	519.3 503.0 519.0	474.0 499.9 475.0	479.4 500.0 480.1	475.0 500.0 476.0
482.0 500.6 482.8	477.0 500.5 478.0	511.0 502.9 511.0	519.3 502.5 518.9	511.9 502.0 511.7
514.5 502.9 514.2	520.9 502.9 520.2	472.1 500.1 473.1	474.0 500.3 475.0	470.9 500.0 472.0
475.9 499.3 476.9	477.5 500.8 478.6			
l 1.+3_+9_0+0.8_0 r 1.4.. l 1.+3_+9_0 r 1.4..	l 1.4.+9_0 r 0 l 1.4.+9_0+0.8_0 r 0	l 1.+3_+9_0+0.8_0 r 1.4.. l 1.+3_+9_0 r 1.4..	l 1.4.+9_0+0.8_0 r 0 l 1.4.+9_0 r 0	l 1.+3_+9_0+0.8_0 r 1.4.. l 1.+3_+9_0 r 1.4..

Anfang $\vartheta_o = 8.03$ $b = 760.62$ $\vartheta_u = 8.01$
Ende $\vartheta_o = 8.05$ $b = 759.57$ $\vartheta_u = 8.02$

7. Juni 1892. Anfangsstellung $\frac{Sm}{Hm} \big| \frac{Ho}{Sp}$

I	II	III	IV	V
523.0 503.5 522.4	469.0 499.8 470.5	520.3 503.3 519.9	513.0 503.0 512.7	510.5 502.9 510.5
492.7 501.0 493.0	520.2 480.3 519.0	477.0 500.0 478.0	466.5 500.0 468.0	472.9 500.1 474.0
526.8 504.0 526.0	473.6 500.1 475.0	520.8 503.0 520.2	505.0 502.0 505.0	508.2 502.6 508.3
490.0 501.5 490.8	515.9 502.8 515.5	481.5 500.7 482.5	466.6 500.0 468.0	475.0 505.5 476.0
521.0 503.9 520.5	473.0 500.2 474.1	530.5 504.0 529.7	508.3 502.4 508.2	513.4 502.4 513.1
489.0 502.0 489.6	510.6 502.6 510.5	479.2 501.0 480.3	475.5 500.0 476.5	474.0 499.3 474.7
517.5 503.1 517.0	470.0 500.0 471.2	516.7 500.8 516.3	508.1 498.0 508.0	
		476.0 499.6 476.8		
l 9_0+1. r 0	l 9_0+1. r 1.4..+0.8.	l 9_0+1. r 0	l 9_0+1. r 1.4..	l 9_0+1. r 0
l 9_0+1. r 0.8.	l 9_0+1. r 1.4..	l 9_0+1. r 0.8.	l 9_0+1. r 1.4..+0.8.	l 9_0+1. r 0.8.

Anfang $\vartheta_o = 8.14$ $b = 762.74$ $\vartheta_u = 8.12$
Ende $\vartheta_o = 8.18$ $b = 762.67$ $\vartheta_u = 8.13$

11. Juni 1892. Anfangsstellung $\frac{Sm}{Hm} \big| \frac{Ho}{Sp}$

I	II	III	IV	V
487.1 503.0 488.0	535.0 504.6 534.2	498.4 503.6 498.9	516.6 502.9 516.4	489.0 502.0 489.5
535.1 504.9 534.5	487.6 501.1 488.2	531.3 504.2 530.8	488.3 501.5 489.0	537.6 504.5 536.8
493.3 501.9 494.0	525.4 504.0 525.0	492.1 502.1 493.0	515.9 501.0 515.5	510.5 495.0 510.0
535.9 505.1 534.9	471.2 500.3 472.5	526.0 504.0 525.4	482.0 501.0 483.0	532.0 504.5 531.1
507.6 501.7 507.5	511.0 503.3 511.1	493.9 501.7 494.1	508.5 503.0 508.8	495.6 501.9 496.0
532.5 504.9 531.7	483.1 501.9 484.0		469.1 500.2 470.2	
490.0 505.7 491.0	516.1 503.6 516.1		520.1 502.0 519.9	
l 1.4.+9_0 r 0.8.	l 9_0 r 0	l 1.4.+9_0 r 0.8.	l 9_0 r 0	l 1.4.+9_0 r 0.8.
l 1.4.+9_0 r 0	l 9_0 r 0.8.	l 1.4.+9_0 r 0	l 9_0 r 0.8.	l 1.4.+9_0 r 0

Anfang $\vartheta_o = 8.24$ $b = 754.35$ $\vartheta_u = 8.22$
Ende $\vartheta_o = 8.27$ $b = 752.46$ $\vartheta_u = 8.22$

15. Juni 1895. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Hm} \big| \frac{Ho}{Sm}$

I	II	III	IV	V
472.6 503.7 473.5	486.5 503.1 487.3[1]	521.4 504.0 522.0	538.3 504.0 538.6	522.0 504.1 522.4
520.8 504.0 521.0	531.8 504.6 531.8	476.7 503.8 477.5	490.0 504.7 490.5	478.0 504.0 478.7
477.0 503.1 477.8	489.0 503.8 489.6	524.1 504.5 524.5	496.0 546.0 497.5	524.5 502.9 524.4
521.6 504.0 521.9	534.4 504.6 534.4	479.4 504.0 480.2	490.6 506.8 491.2	
	489.4 503.9 490.2			
l 3_{-}+1. r 0	l 3_{-} r 0	l 3_{-}+1.+0.8_0 r 0	l 3_{-}+0.8_0 r 0	l 3_{-}+1.+0.8_0 r 0
l 3_{-}+1.+0.8_0 r 0	l 3_{-}+0.8_0 r 0	l 3_{-}+1. r 0	l 3_{-} r 0	l 3_{-}+1. r 0

Anfang $\vartheta_o = 8.30$ $b = 757.51$ $\vartheta_u = 8.28$
Ende $\vartheta_o = 8.31$ $b = 757.29$ $\vartheta_u = 8.28$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung +0.9 zu corrigiren.

21. October 1895. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Ho}\Big|\frac{Hm}{Sm}$

I			II			III			IV			V		
465.0	503.0	466.0	467.4	503.0	468.7	464.3	502.9	466.0	469.0	503.1	470.1	466.4	503.1	467.8
517.0	504.1	517.0	522.6	503.8	522.5	514.0	504.0	514.3	524.0	504.0	523.9	522.0	503.7	522.0
464.9	502.9	466.0	469.5	503.1	470.7	467.5	502.6	468.3	470.5	503.8	471.4	467.4	503.0	468.3
518.0	504.3	518.0	522.5	504.2	522.5	523.1	502.4	523.0	525.3	503.9	525.2	520.3	504.3	520.3
$l\ 9_\circ$ r 0.8..			$l\ 9_\circ$+1. $r\ 3_=$			$l\ 9_\circ$ r 0.8..			$l\ 9_\circ$+1. $r\ 3_=$			$l\ 9_\circ$ r 0.8..		
$l\ 9_\circ$+1. r 0.8..			$l\ 9_\circ$ $r\ 1_\cup$			$l\ 9_\circ$+1. r 0.8..			$l\ 9_\circ$ $r\ 1_\cup$			$l\ 9_\circ$+1. r 0.8..		

Anfang $\vartheta_o = 10.48$ $b = 761.25$ $\vartheta_u = 10.50$
Ende $\vartheta_o = 10.48$ $b = 760.37$ $\vartheta_u = 10.49$

21. November 1895. Anfangsstellung $\frac{Hm}{Sm}\Big|\frac{Sp}{Ho}$

I			II			III		
475.9	503.3	476.8	487.0	503.8	487.5	524.1	504.4	524.1
521.9	504.7	521.9	531.8	504.8	531.5	480.0	503.2	480.9
481.5	503.4	482.2	487.2	503.1	488.0	525.2	504.3	525.1
525.8	503.8	525.6	530.3	504.3	530.3	482.6	502.9	483.2
$l\ 3_-$+1.4. r 0.8..			$l\ 9_\circ+0.8_\circ$ $r\ 1_\cup+3_=$			$l\ 3_-$+1.4. r 0.8..		
$l\ 3_-$+1.4. r 0			$l\ 9_\circ+0.8_\circ$ $r\ 1_\cup+3_=$+0.8..			$l\ 3_-$+1.4. r 0		

Anfang $\vartheta_o = 10.06$ $b = 772.52$ $\vartheta_u = 10.01$
Ende $\vartheta_o = 10.05$ $\vartheta_u = 10.01$

IV. Wägungen mit Bleiklotz.

Verticalvertauschungen.

20. Mai 1893 Vormittags. Anfangsstellung $\frac{Sd}{Ho}\Big|\frac{Hm}{Sm}$

I			II			III			IV			V		
540.6	503.2	540.1	469.2	501.2	470.1	532.3	503.0	532.1	472.0	501.0	472.9	533.0	502.8	532.8
484.8	502.9	485.9	522.1	502.3	522.1	481.7	501.9	482.3	524.4	502.5	524.6	483.2	501.3	483.8
525.1	502.9	525.0	475.5	501.2	476.1	535.5	502.0	535.1	471.1	502.6	472.0	533.0	502.6	532.8
477.1	501.8	478.0	523.7	502.7	523.5	484.1	501.6	484.6	524.0	502.5	523.8	483.0	501.6	483.7
529.9	502.9	529.7	473.9	501.3	474.5	530.2	502.9	529.9	474.0	501.0	474.6	533.1	502.5	532.8
477.4	501.4	478.0												
1) $l\ 3_-$+1.4.. r 0[1]			$l\ 3_-$+1.4.. r 1.			$l\ 3_-$+1.4..+0.8.. r 1.			$l\ 3_-$+1.4.. r 1.			$l\ 3_-$+1.4..+0.8.. r 1.		
2) $l\ 3_-$+1.4.. $r\ 0.8_\circ$[1]			$l\ 3_-$+1.4..+0.8.. r 1.			$l\ 3_-$+1.4.. r 1.			$l\ 3_-$+1.4..+0.8.. r 1.			$l\ 3_-$+1.4.. r 1.		
3 u. 5) $l\ 3_-$+1.4..+0.8.. r 1.														
4 u. 6) $l\ 3_-$+1.4.. r 1.														

Anfang $\vartheta_o = 7.53$ $b = 755.28$ $\vartheta_u = 7.51$
Ende $\vartheta_o = 7.56$ $b = 755.55$ $\vartheta_u = 7.52$

[1] auf die folgenden Aequilibrirungen umzurechnen.

20. Mai 1893 Nachmittags. Anfangsstellung $\frac{Sd \mid Hm}{Ho \mid Sm}$

I	II	III	IV	V
521.7 503.0 521.8	473.8 501.3 474.3	474.3 502.3 475.1	526.3 502.1 526.2	523.6 503.2 523.4
473.0 501.8 474.0	525.1 503.1 525.0	521.0 503.0 520.9	479.8 502.3 480.1	470.9 501.7 472.1
523.2 503.0 523.1	475.0 502.0 475.5	479.1 501.9 479.7	528.1 502.8 527.8	520.2 502.0 520.1
471.1 502.9 472.0	523.2 503.2 523.2	524.2 503.2 524.1	477.6 502.7 478.2	470.5 502.0 471.8
l 3_+1◡ *r* 0	*l* 3_+1.4.. *r* 1.	*l* 3_+1◡ *r* 0.8$_0$	*l* 3_+1.4..+0.8.. *r* 1.	*l* 3_+1◡ *r* 0
l 3_+1◡ *r* 0.8$_0$	*l* 3_+1.4..+0.8.. *r* 1.	*l* 3_+1◡ *r* 0	*l* 3_+1.4.. *r* 1.	*l* 3_+1◡ *r* 0.8$_0$

Anfang $\vartheta_o = 7.56$ $b = 755.10$ $\vartheta_u = 7.53$
Ende $\vartheta_o = 7.59$ $b = 755.48$ $\vartheta_u = 7.53$

---

22. Mai 1893. Anfangsstellung $\frac{Sd \mid Hm}{Ho \mid Sm}$

I	II	III	IV	V
471.3 502.2 472.1	514.8 502.5 514.9	470.5 504.0 471.3	466.0 501.2 467.1	527.2 503.0 527.2
521.2 503.1 521.2	464.2 502.2 465.0	525.3 503.2 525.2	519.7 503.0 519.4	478.0 502.3 479.0
471.3 502.2 472.0	519.1 501.0 519.0	478.0 502.0 478.6	464.2 502.9 465.3	529.8 501.0 529.7
524.2 502.1 524.0	463.4 502.1 464.4	529.8 502.3 529.7	517.0 501.8 516.8	475.7 503.2 476.3
l 3_+1◡ *r* 0.8$_0$	*l* 3_+1◡ *r* 0	*l* 3_+1◡ *r* 0.8$_0$	*l* 3_+1◡ *r* 0.8$_0$	*l* 3_+1◡ *r* 0
l 3_+1◡ *r* 0	*l* 3_+1 *r* 0.8$_0$	*l* 3_+1◡ *r* 0	*l* 3_+1◡ *r* 0	*l* 3_+1◡ *r* 0.8$_0$

Anfang $\vartheta_o = 7.63$ $b = 756.86$ $\vartheta_u = 7.58$
Ende $\vartheta_o = 7.64$ $b = 756.48$ $\vartheta_u = 7.59$

---

23. Mai 1893. Anfangsstellung $\frac{Sd \mid Hm}{Ho \mid Sm}$

I	II	III	IV	V
524.0 500.7 524.3	461.0 502.2 462.8	523.9 499.2 524.1	464.4 502.2 466.0	518.8 502.5 519.1
471.2 502.5 472.5	514.0 502.3 515.0	472.2 503.2 473.8	514.8 500.8 515.0	467.4 501.9 468.8
526.2 501.6 526.2	464.0 502.6 465.1	530.6 498.8 530.6	463.2 503.8 464.1	536.0 497.2 535.5
475.4 501.3 476.0	517.2 500.1 517.2	476.8 501.9 477.7	520.2 499.8 520.2	476.4 502.3 477.5
528.2 500.4 528.2	467.1 502.4 468.1	529.8 501.6 529.5	462.9 502.2 464.9	525.6 498.8 525.5
476.1 502.1 476.8				475.0 501.6 475.9
l 3_+1◡ *r* 0	*l* 3_+1◡ *r* 0.8$_0$	*l* 3_+1◡ *r* 0	*l* 3_+1◡ *r* 0.8$_0$	*l* 3_+1◡ *r* 0
l 3_+1◡ *r* 0.8$_0$	*l* 3_+1◡ *r* 0	*l* 3_+1◡ *r* 0.8$_0$	*l* 3_+1◡ *r* 0	*l* 3_+1◡ *r* 0.8$_0$

Anfang $\vartheta_o = 7.65$ $b = 757.18$ $\vartheta_u = 7.62$
Ende $\vartheta_o = 7.69$ $b = 755.91$ $\vartheta_u = 7.62$

8. November 1893. Anfangsstellung $\frac{Sp \mid Hm}{Ho \mid Sd}$

I			II			III			IV			V		
525.2	502.1	525.2	483.0	493.0	483.6	480.0	502.0	481.0	473.0	507.0	474.0	482.1	502.2	482.7
484.0	501.9	484.5	521.8	503.0	521.8	527.8	502.2	527.7	522.0	502.0	522.0	531.4	503.1	531.2
525.6	502.7	525.5	475.9	502.0	476.7	482.5	501.2	483.3	473.0	506.0	474.1	488.2	502.3	488.8
482.4	501.3	483.1	520.5	502 9	520.6	528.6	502.5	528.5	525.0	501.5	525.0	528.2	503.0	528.1
$l\ 1_{\cup}$ $r\ 0$			$l\ 1_{\cup}$ $r\ 0.8_{\circ}$			$l\ 1_{\cup}$ $r\ 0.8_{\circ}$			$l\ 1_{\cup}$ $r\ 0.8_{\circ}$			$l\ 1_{\cup}$ $r\ 0.8_{\circ}$		
$l\ 1_{\cup}$ $r\ 0.8_{\circ}$			$l\ 1_{\cup}$ $r\ 0$			$l\ 1_{\cup}$ $r\ 0$			$l\ 1_{\cup}$ $r\ 0$			$l\ 1_{\cup}$ $r\ 0$		

Anfang $\vartheta_o = 10.51$ $b = 764.69$ $\vartheta_u = 10.55$
Ende $\vartheta_o = 10.50$ $b = 763.78$ $\vartheta_u = 10.56$

14. Juni 1894. Anfangsstellung $\frac{Sd \mid Hm}{Ho \mid Sp}$

I			II			III			IV			V		
480.6	501.2	481.3	476.1	501.9	477.0	487.2	502.1	487.9	481.0	503.1	481.8	490.9	502.1	491.3
528.0	502.7	528.0	525.7	499.7	525.3	537.5	502.5	537.0	528.5	502.5	528.1	537.0	504.0	536.8
482.2	501.6	483.0	474.8	501.9	475.7	488.1	503.1	488.9	483.3	501.0	484.0	495.0	501.8	495.3
529.0	503.0	528.9	522.7	503.0	522.5	540.2	502.1	539.8	527.4	502.2	527.0	541.7	503.0	541.4
$l\ 9.+1.4..$ $r\ 3_{=}$			$l\ 9.+1.4..$ $r\ 3_{=}$			$l\ 9.+1.4..$ $r\ 3_{=}$			$l\ 9.+1.4..$ $r\ 3_{=}$			$l\ 9.+1.4..$ $r\ 3_{=}$		
$l\ 9.+1.4..+0.8..$ $r\ 3_{=}$			$l\ 9.+1.4..+0.8..$ $r\ 3_{=}$			$l\ 9.+1.4..+0.8..$ $r\ 3_{=}$			$l\ 9.+1.4..+0.8..$ $r\ 3_{=}$			$l\ 9.+1.4..+0.8..$ $r\ 3_{=}$		

Anfang $\vartheta_o = 8.52$ $b = 752.72$ $\vartheta_u = 8.48$
Ende $\vartheta_o = 8.54$ $b = 753.10$ $\vartheta_u = 8.48$

10. November 1894. Anfangsstellung $\frac{Sp \mid Ho}{Hm \mid Sm}$

I			II[1]			III[2]			IV[3]			V[2]		
475.3	505.6	477.0	481.0	503.6	482.3	521.7	504.6	521.3	524.3	505.2	524.2	483.2	502.9	484.2
520.0	505.2	519.5	522.8	505.0	522.4	482.8	503.1	483.8	484.0	503.2	484.9	525.5	504.5	524.9
478.0	503.1	479.2	481.9	503.3	483.0	523.9	504.7	523.6	526.2	505.0	525.7	483.5	502.8	484.3
			525.5	505.3	525.0	483.7	503.2	484.3	484.2	503.1	487.2			
$l\ 3_{-}$ $r\ 1.4.$			$l\ 0.8..+1_{\cup}$ $r\ 0$			$l\ 3_{-}+0.8..$ $r\ 1.4.$			$l\ 3_{-}+1_{\cup}$ $r\ 1.4.$			$l\ 3_{-}$ $r\ 1.4.$		
$l\ 3_{-}+0.8..$ $r\ 1.4.$			$l\ 3_{-}+1_{\cup}$ $r\ 1.4.$			$l\ 3_{-}$ $r\ 1.4.$			$l\ 1_{\cup}+0.8..$ $r\ 0$			$l\ 3_{-}+0.8..$ $r\ 1.4.$		

Anfang $\vartheta_o = 10.30$ $b = 748.95$ $\vartheta_u = 10.26$
Ende $\vartheta_o = 10.30$ $b = 749.04$ $\vartheta_u = 10.27$

[1] wegen Nullpunktsversch. +0.3 zu corr. [2] dgl. +0.2 zu corr. [3] dgl. +0.1 zu corr.

11. November 1894. Anfangsstellung $\frac{Ho}{Sm}\Big|\frac{Sp}{Hm}$

I	II	III[1]	IV	V
475.0 503.0 476.0	525.1 504.0 524.9	517.8 504.8 517.3	487.3 504.4 488.2	475.3 502.5 476.5
517.9 505.0 517.8	482.1 504.0 483.2	476.9 502.8 477.8	528.4 504.0 527.9	519.7 503.9 519.2
476.6 503.0 477.6	524.2 504.7 524.0	519.8 503.2 519.2	486.0 503.1 486.9	475.3 502.4 476.9
	482.5 503.0 483.7	474.8 503.0 476.0	530.2 505.5 529.7	
l 9. *r* 1.	*l* 9.+0.8.. *r* 1.	*l* 9.+0.8.. *r* 1.	*l* 9. *r* 1.	*l* 9. *r* 1.
l 9.+0.8.. *r* 1.	*l* 9. *r* 1.	*l* 9. *r* 1.	*l* 9.+0.8.. *r* 1.	*l* 9.+0.8.. *r* 1.

Anfang $\vartheta_o = 10^\circ 30$ $b = 745.16$ $\vartheta_u = 10.26$
Ende $\vartheta_o = 10.34$ $b = 746.06$ $\vartheta_u = 10.26$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung +0.10 zu corrigiren.

---

26. November 1894. Anfangsstellung $\frac{Sm}{Ho}\Big|\frac{Hm}{Sp}$

I[1]	II[2]	III[3]	IV[3]	V[3]
474.8 501.9 476.0	482.0 501.0 483.0	524.0 502.0 523.4	525.9 502.9 525.8	480.0 500.8 481.0
528.9 503.7 528.3	525.9 503.0 525.2	481.5 500.7 482.3	480.0 501.0 481.1	525.8 502.7 525.2
475.5 501.2 476.7	481.2 501.5 482.2	522.5 502.7 522.0	523.0 502.7 522.5	480.0 501.3 481.0
	528.1 500.9 527.5	482.9 501.1 483.8	485.9 500.9 486.5	
l 9. *r* 1.	*l* 9. *r* 0.8_0	*l* 9.+0.8.. *r* 1.	*l* 9. *r* 0	*l* 9. *r* 1.
l 9. *r* 0	*l* 9. *r* 0	*l* 9. *r* 1.	*l* 9. *r* 0.8_0	*l* 9.+0.8.. *r* 1.

Anfang $\vartheta_o = 10.09$ $b = 770.60$ $\vartheta_u = 10.08$
Ende $\vartheta_o = 10.09$ $b = 770.45$ $\vartheta_u = 10.09$

[1] auf Aeq. III V zu transformiren. [2] wegen Nullpunktsversch. −0.2 zu corr. [3] dgl. −0.1 zu corr.

---

27. November 1894. Anfangsstellung $\frac{Hm}{Sp}\Big|\frac{Sm}{Ho}$

I	II[1]	III[2]	IV	V[1]
521.1 503.0 520.9	476.3 500.2 477.3	480.2 500.6 480.2	515.0 502.5 514.9	522.5 502.3 521.9
479.0 500.8 479.8	518.2 502.0 518.0	522.4 502.6 522.0	475.2 500.1 476.4	480.9 503.5 481.9
521.7 502.6 521.0	476.0 502.0 477.0	480.1 501.0 480.9	521.0 502.5 520.6	524.2 502.6 523.5
	517.5 501.3 517.1	524.5 502.7 524.0	479.2 501.0 480.2	
l 3_+0.8.. *r* 1.4.	*l* 1.4.. *r* 0	*l* 3_ *r* 1.4.	*l* 1.4..+0.8.. *r* 0	*l* 3_+0.8.. *r* 1.4.
l 3_ *r* 1.4.	*l* 1.4..+0.8.. *r* 0	*l* 3_+0.8.. *r* 1.4.	*l* 1.4.. *r* 0	*l* 3_ *r* 1.4.

Anfang $\vartheta_o = 10.07$ $b = 768.21$ $\vartheta_u = 10.07$
Ende $\vartheta_o = 10.06$ $b = 768.38$ $\vartheta_u = 10.08$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung −0.2 zu corrigiren. [2] dgl. −0.1 zu corrigiren.

28. November 1894. Anfangsstellung $\begin{array}{c|c} Sp & Ho \\ \hline Hm & Sm \end{array}$

I	II	III[1]	IV	V[1]
476.2 500.2 477.2	474.2 499.2 475.2	530.0 503.2 529.3	524.5 501.3 524.0	477.3 501.7 478.3
528.0 502.8 527.2	522.1 502.3 521.7	475.2 501.3 476.4	473.8 500.0 474.9	529.9 503.1 529.3
475.4 501.0 476.8	471.8 501.1 472.8	534.0 501.8 533.0	527.5 502.0 526.9	481.5 501.3 482.5
	525.0 503.1 524.3	474.6 502.8 475.9	470.3 500.9 471.5	
l 1.4.. *r* 0 *l* 1.4..+1◡ *r* 0	*l* 1.4.. *r* 0 *l* 1.4..+1◡ *r* 0	*l* 1.4..+1◡ *r* 0 *l* 1.4.. *r* 0	*l* 1.4..+1◡ *r* 0 *l* 1.4.. *r* 0	*l* 1.4.. *r* 0 *l* 1.4..+1◡ *r* 0

Anfang $\vartheta_o = 10.00$ $b = 766.59$ $\vartheta_u = 10.04$
Ende $\vartheta_o = 10.00$ $b = 766.85$ $\vartheta_u = 10.05$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung +0.1 zu corrigiren.

---

29. November 1894. Anfangsstellung $\begin{array}{c|c} Sm & Hm \\ \hline Ho & Sp \end{array}$

I	II	III	IV	V[1]
472.4 500.3 473.8	467.2 501.0 468.5	529.0 503.0 528.2	527.0 498.1 526.2	477.7 500.7 478.5
527.0 502.1 526.8	519.3 502.2 519.1	471.0 504.9 472.4	469.4 500.0 470.9	528.3 503.0 527.8
471.0 500.4 472.0	469.7 500.3 470.5	529.1 503.0 528.7	526.8 502.7 526.2	465.9 510.1 467.3
	524.2 502.5 524.0	475.7 501.3 476.5	471.2 500.2 472.2	
l 9.+1◡+0.8.. *r* 3= *l* 9.+3_+0.8.. *r* 3=+1.	*l* 9.+1◡+0.8.. *r* 3= *l* 9.+3_+0.8.. *r* 3=+1.	*l* 9.+3_+0.8.. *r* 3=+1. *l* 9.+1◡+0.8.. *r* 3=	*l* 9.+3_+0.8.. *r* 3=+1. *l* 9.+1◡+0.8.. *r* 3=	*l* 9.+1◡+0.8.. *r* 3= *l* 9.+3_+0.8.. *r* 3=+1.

Anfang $\vartheta_o = 9.97$ $b = 763.21$ $\vartheta_u = 10.01$
Ende $\vartheta_o = 9.97$ $b = 762.69$ $\vartheta_u = 10.01$

[1] wegen Nullpunktsverschiebung +0.1 zu corrigiren.

---

1. December 1894. Anfangsstellung $\begin{array}{c|c} Ho & Sp \\ \hline Sm & Hm \end{array}$

I	II[1]	III[2]	IV[3]
472.2 503.2 473.2	478.0 501.2 479.0	522.4 502.0 521.9	526.7 503.1 526.1
520.2 503.0 519.8	522.5 502.1 522.2	475.8 502.2 477.0	488.7 500.2 489.1
474.0 502.8 475.0	480.1 500.9 481.1	521.2 502.8 521.1	525.4 502.1 525.0
	523.8 502.5 523.2	478.1 502.4 479.1	
l 9. *r* 1. *l* 9.+0.8.. *r* 1.	*l* 9. *r* 1. *l* 9.+0.8.. *r* 1.	*l* 9.+0.8.. *r* 1. *l* 9. *r* 1.	*l* 9.+0.8.. *r* 1. *l* 9. *r* 1.

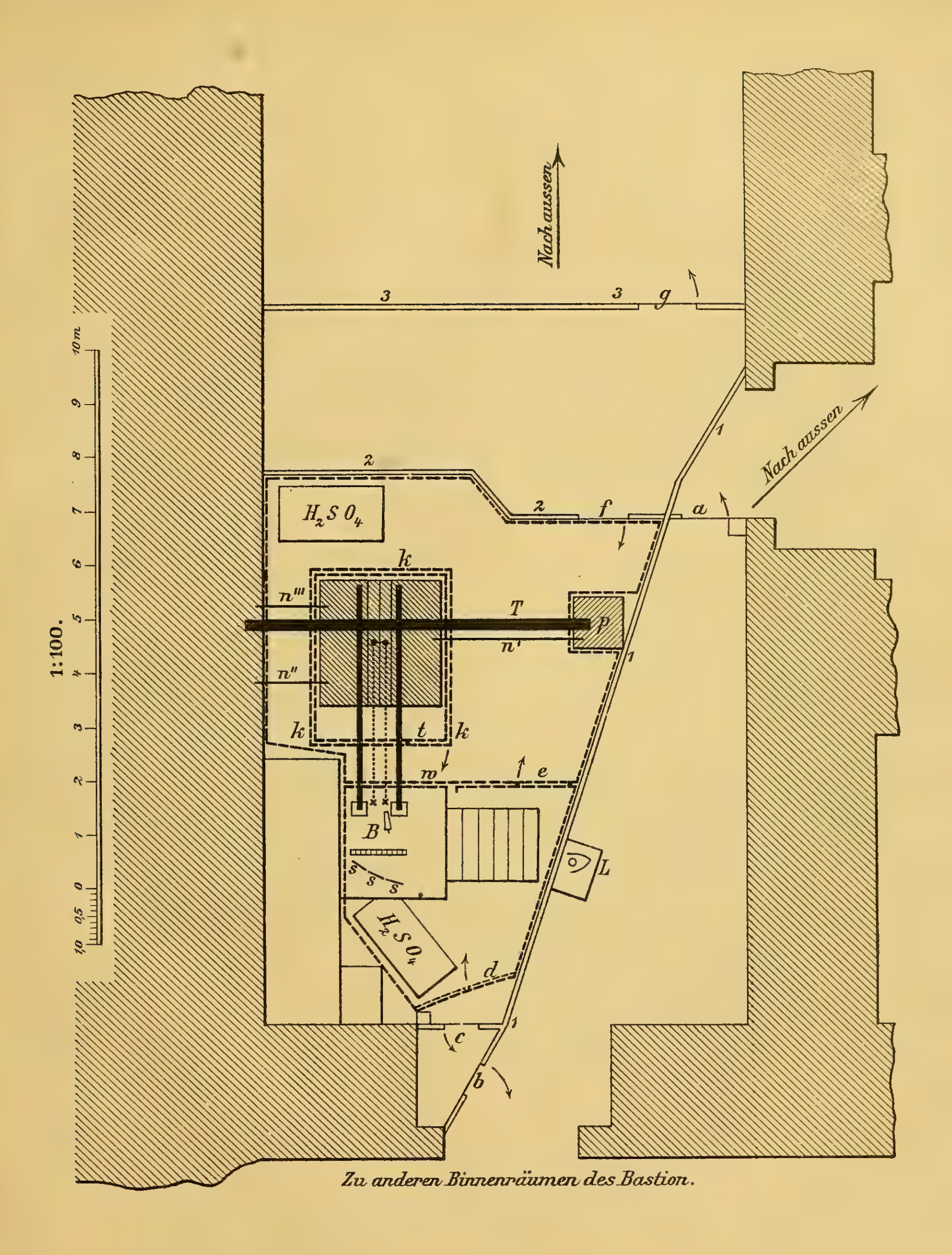
Anfang $\vartheta_o = 9.87$ $b = 766.81$ $\vartheta_u = 9.94$
Ende $\vartheta_o = 9.87$ $b = 767.19$ $\vartheta_u = 9.96$

[1] wegen Nullpunktsversch. −0.2 zu corr. [2] dgl. −0.3 zu corr. [3] dgl. −0.5 zu corr.

Inhaltsübersicht.

Beobachtungsprotokolle.

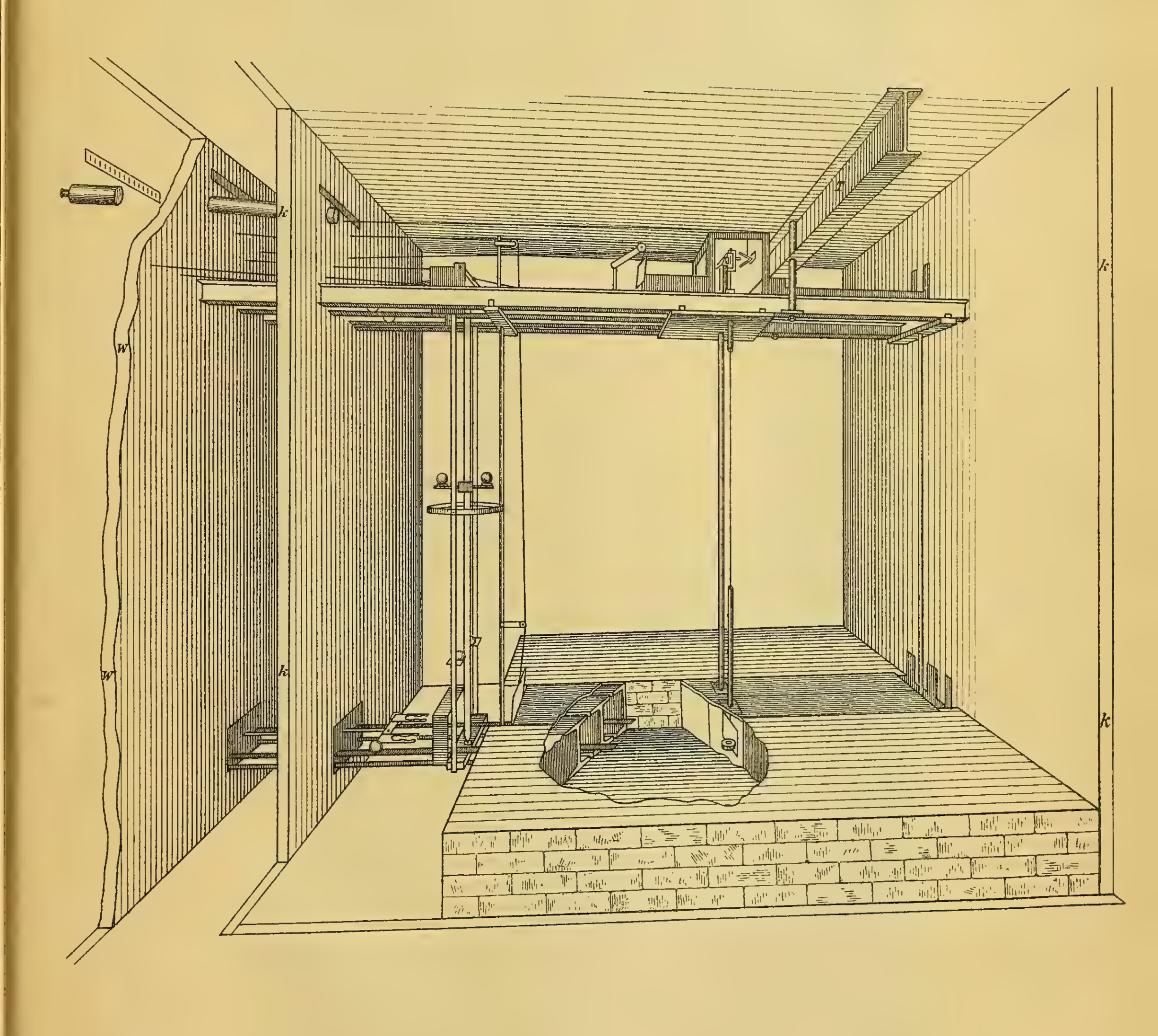
Nachweis zu den Tafeln.



Richarz und Krigar-Menzel: Bestimmung der Gravitationsconstante und der mittleren Dichtigkeit der Erde durch Wägungen.

Tafel I.





Richarz und Krigar-Menzel: Bestimmung der Gravitationsconstante und der mittleren Dichtigkeit der Erde durch Wägungen.

Tafel II.



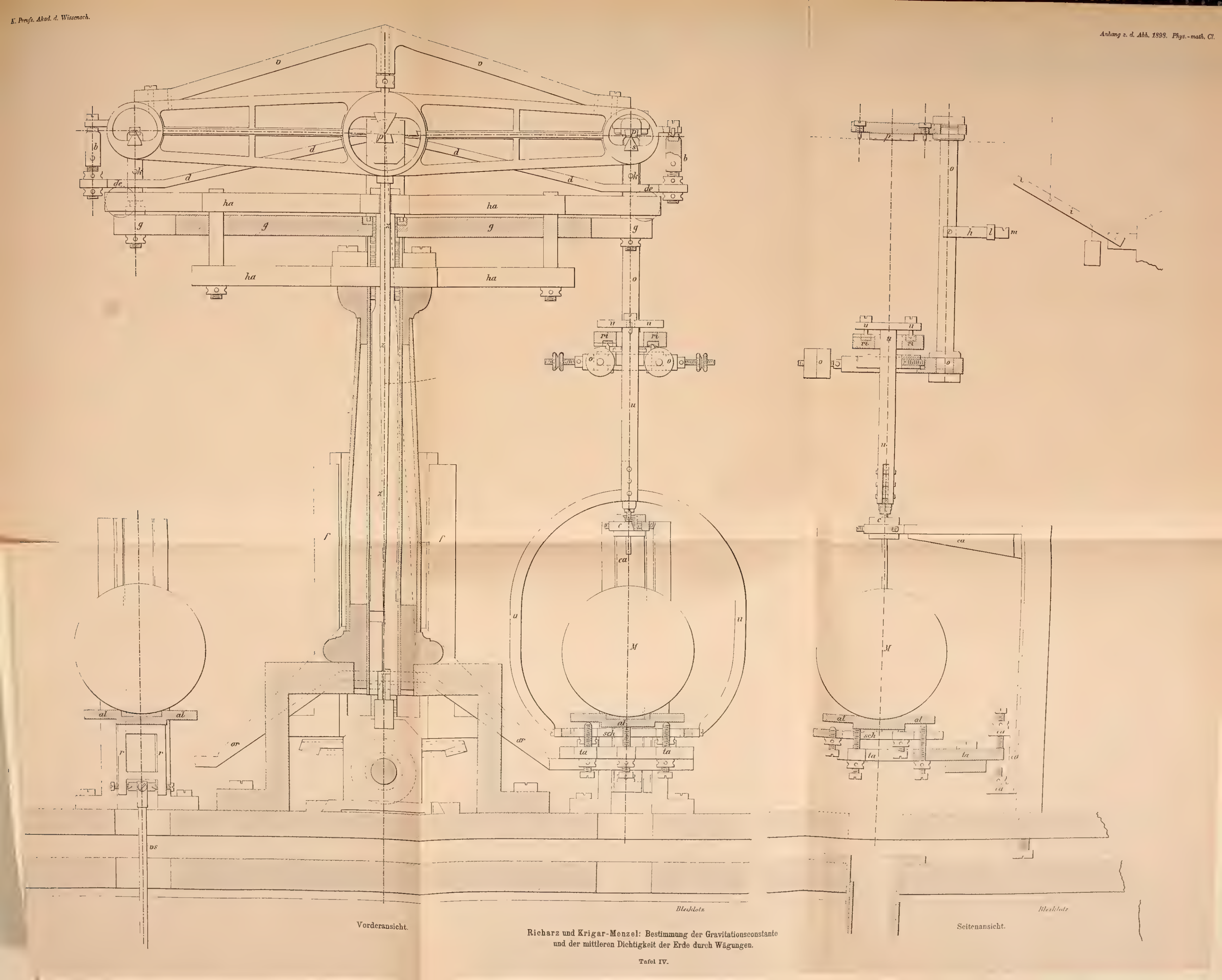


Richarz und Krigar-Menzel: Bestimmung der Gravitationsconstante und der mittleren Dichtigkeit der Erde durch Wägungen.

Tafel III.







Richarz und Krigar-Menzel: Bestimmung der Gravitationsconstante und der mittleren Dichtigkeit der Erde durch Wägungen.

Tafel IV.





